

## Contenido

Capítulo I.....	2
Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental .....	2
I.1. Datos generales del proyecto .....	3
I.1.1. Nombre del proyecto .....	3
I.1.2. Ubicación del proyecto .....	4
I.1.3. Duración del proyecto.....	4
I.2 Datos generales del promovente.....	4
I.2.1. Nombre o razón social .....	4
I.2.2. Registro Federal de Causantes (RFC). .....	5
I.2.3. Nombre del representante legal.....	5
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones .....	5
I.3. Datos generales del responsable de la elaboración del estudio.....	5
I.3.1. Nombre o razón social .....	5
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP.....	5
I.3.3 Nombre del representante legal.....	5

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

### Introducción

La presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, se realiza para el proyecto de construcción de la autopista Mitla-Tehuantepec. Como antecedente, se tiene que a nivel eje troncal, el proyecto autorizado desde el 2003 cuenta con una longitud total de 160.34 km, y para fines constructivos se dividió en 3 tramos. El tramo 1 inicia en el km 43+000 y termina en el km 74+000, el tramo 2 de Santa María Albarradas (74+000) a Santiago Lachiguiri (165+000), y por último el tramo 3 va del km 165+000 al km 210+000.

El proyecto tiene una prioridad y compromiso en la presente administración (Compromiso de Gobierno 2011 - Diciembre 2015), el cual se establece en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND). Publicado en Diario Oficial de la Federación el 20-mayo-2013 y el Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones (PIITC) 2013-2018.

7.2 Compromisos y proyectos estratégicos: Carreteras y autopistas		
		Autopistas
CÓDIGO	PROYECTO	ESTADO
CG-022	Construcción de la carretera Cardel - Poza Rica (primera etapa)	Veracruz
CG-023	Construcción de la autopista Tlaxpan - Tampico	Veracruz
CG-026	Concluir la construcción de la autopista Jala - Compostela - Bahía de Banderas <sup>1</sup>	Nayarit
CG-040	Construcción del Viaducto Elevado sobre la autopista México - Veracruz, tramo Planta VW - Estadio Cuauhtémoc o la opción que técnicamente mejor resulte	Puebla
CG-070	Ampliar a 6 carriles la autopista Colima - Guadalajara, en el tramo Colima - Tonila	Colima
CG-074	Ampliar a 6 carriles la autopista Colima - Guadalajara, en el tramo Manzanillo - Colima (primera etapa)	Colima
CG-080	Concluir con la modernización de la carretera Pachuca - Huejutla	Hidalgo
CG-111	Modernizar la carretera Tuxtla Gutiérrez - Villaflores	Chiapas
CG-131	Modernizar la carretera Tampico - Ciudad Victoria - Límite con el Estado de Nuevo León, primera etapa	Tamaulipas
CG-156	Autopista Zitácuaro - Valle de Bravo <sup>1</sup>	México - Michoacán
CG-171	Infraestructura Tulum y Solidaridad <sup>1</sup>	Quintana Roo
CG-211	Concluir la carretera Oaxaca - Istmo <sup>1</sup>	Oaxaca
CG-213	Concluir la carretera Oaxaca - Puerto Escondido <sup>1</sup>	Oaxaca
CG-217	Autopista Siglo XXI	Morelos
CG-234	Modernizar y ampliar la carretera Palenque - San Cristóbal de las Casas (primera etapa) <sup>1</sup>	Chiapas
PEF 2013	Mazatlán - Durango	Sinaloa - Durango
P.E.	Viaducto Tlalpan - salida a Cuernavaca	Distrito Federal

CG: Compromisos Presidenciales, P.E.: Proyecto Estratégico, T.: Proyecto Turístico

Imagen I.1 Imagen que muestra entre los objetivos que persigue el PIITC la conclusión de la carretera Oaxaca-Istmo.



La presente evaluación en materia ambiental del tramo 2, hace referencia a la geometría del eje troncal, la cual, se le realizaron cambios de alineación vertical y horizontal, elevación de la línea de ceros; así como un cambio de ruta de 13.3 km y la adición de obras de drenaje mayor y adicionales, las cuales darán continuidad a la carretera de los tramos 1 y 3, los cuales se encuentran ya construidos. El proyecto iniciará en el km 72+500 y finalizará en el km 165+838.37AT=165+000AD, con una longitud total de 94.58 km (*ver Capítulo II, apartado Antecedentes y Naturaleza del proyecto*).

Las especificaciones técnicas corresponden a una carretera tipo A2; de dos carriles de 3.5 m de ancho cada uno y 2.5 m de acotamiento para cada lado; ancho de corona de 12 m y un ancho de derecho de vía variable (*ver Capítulo II, apartado II.2.b*).

Para la evaluación de los impactos ambientales derivados de la construcción del proyecto, se delimito un polígono denominado como Sistema Ambiental Regional con una superficie de 363,063.097 ha, y dentro de este se ha delimitado un Área de Influencia calculada en base a las características constructivas y posibles impactos directos ocasionados por el desarrollo del proyecto, la cual abarca un área de 40,746.886 ha.

El sistema de topofomas que componen el SAR, son principalmente; la sierra alta y baja compleja y la sierra de cumbres tendidas; que conforman los principales tipos de vegetación; selva baja caducifolia, bosque de pino-encino y encino-pino, las cuales son consideradas como comunidades forestales que albergan especies nativas y prioritarias para su conservación (orquídeas, bromelias, agaves y cactáceas), así como especies en categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010; siendo que también fungen como hábitat y corredores biológicos de especies de herpetofauna, mastofauna, ornitofauna e ictiofauna.

En base a las características anteriores se utilizan varias metodologías para determinar el estado actual del sitio (Diagnóstico ambiental), ayudándose también de un sobrevuelo del SAR y Área de influencia del proyecto, con lo cual se determina la línea base contra la cual serán comparados los posibles escenarios analizados: “con proyecto y sin medidas de mitigación” y “con proyecto y con medidas de mitigación”. Enfatizando que las medidas de mitigación propuestas con las que se analiza el último escenario, son las derivadas del análisis ambiental realizado en campo y en gabinete en conjunto con la metodología de evaluación de impacto ambiental de Conesa Fernandez-Vitora modificada y adaptada para el proyecto.

## **I.1. Datos generales del proyecto**

### **I.1.1. Nombre del proyecto**

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional Mitla – Tehuantepec, Tramo 2, del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD.

### I.1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en el sureste de la República Mexicana, en el Estado de Oaxaca. El Sistema Ambiental Regional (SAR) abarca 29 municipios y se encuentra comprendido en la provincia Sierra Madre del Sur y a su vez pertenece a la Región Hidrológica Tehuantepec (RH22).

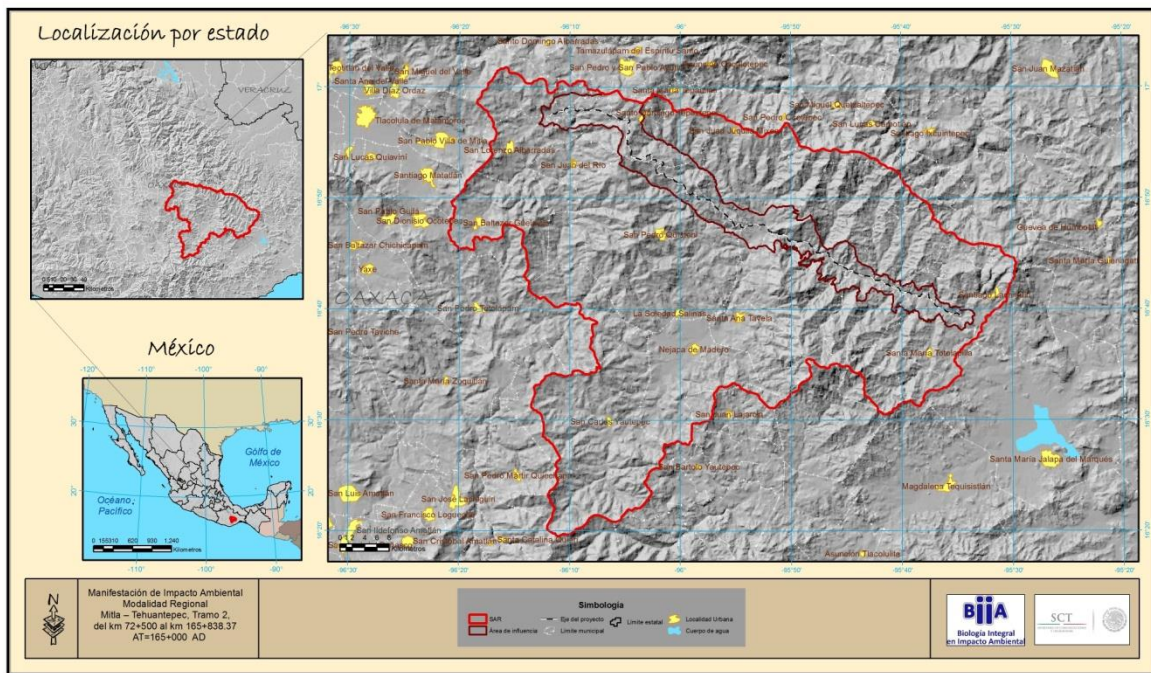


Imagen I.2 Ubicación del proyecto.

### I.1.3. Duración del proyecto

La ejecución del proyecto se realizará por etapas, que incluyen: Preparación del sitio, Construcción, Abandono del sitio, Operación y Mantenimiento. Estas etapas requerirán de un tiempo de 2 años para su ejecución. El tiempo de vida útil de la infraestructura será de 20 años, ya que dependerá del mantenimiento que se le dé para asegurar sus condiciones óptimas para la circulación vehicular.

## I.2 Datos generales del promovedor

### I.2.1. Nombre o razón social

Dirección General de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Centro SCT Oaxaca.

### **I.2.2. Registro Federal de Causantes (RFC).**

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

### **I.2.3. Nombre del representante legal**

MTRO. RAFAEL NAVARRETE QUEZADA  
DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO SCT OAXACA

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

## **I.3. Datos generales del responsable de la elaboración del estudio**

### **I.3.1. Nombre o razón social**

BIIA – Biología Integral en Impacto Ambiental, S.A. de C.V.

### **I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP**

### **I.3.3 Nombre del representante legal**

Biól. Jorge Mauricio García Sánchez.

## CONTENIDO

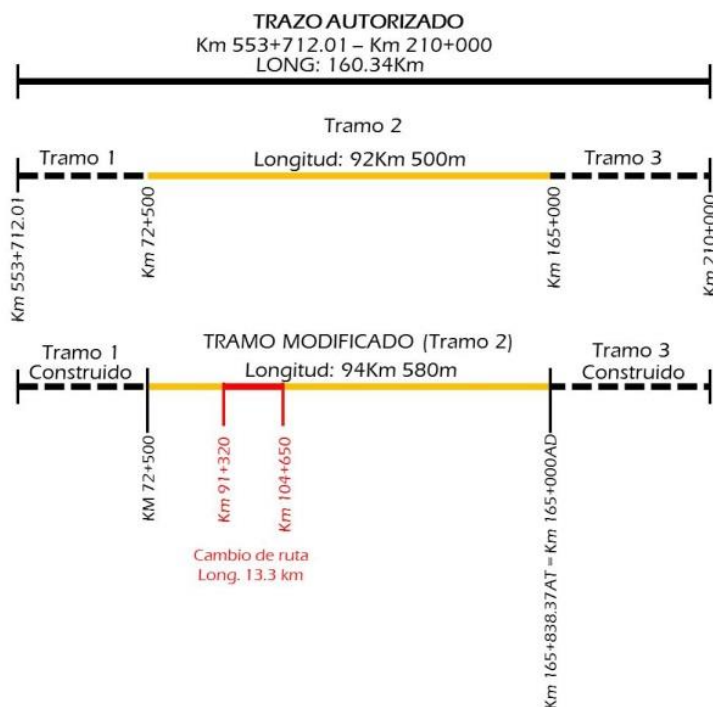
II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO .....	2
Antecedentes .....	2
II.1 Información general del proyecto .....	6
II.1.1 Naturaleza del proyecto.....	11
II.1.2 Justificación.....	17
II.1.3 Ubicación física .....	49
II.1.4 Inversión requerida.....	49
II.2 Características particulares del proyecto.....	50
II.2.a Longitud del eje troncal .....	52
II.2.b Ancho de derecho de vía .....	56
II.2.c Superficies del proyecto.....	61
II.2.1 Programa de trabajo .....	83
II.2.2 Representación gráfica regional .....	85
II.2.3 Representación gráfica local .....	90
II.2.4 Preparación del sitio y construcción .....	94
II.2.4.9 Comparativa de estructuras en el tramo 2 .....	210
II.2.5 Operación y mantenimiento .....	215
II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.....	220
II.2.7 Residuos .....	220

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

### Antecedentes

La Autopista Mitla – Tehuantepec, es un proyecto autorizado en Materia de Impacto Ambiental por parte de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA), mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003 bajo términos y condicionantes. La resolución refiere un plazo de tres años para llevar a cabo las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto; por lo tanto, se han requerido de ampliaciones de los plazos autorizados para mantener vigente dicha autorización y poder llevar a cabo la etapa de preparación del sitio y construcción; la última prórroga tiene un plazo de 3 años y finaliza hasta el 24 de octubre de 2015 (ver capítulo VIII, apartado VIII.2, anexos digitales del capítulo III).

El eje troncal del proyecto “Mitla – Tehuantepec” autorizado tiene una longitud de 160.34 km, con origen en el km 551+496.04AT=553+712.01AD del Libramiento de Mitla y finaliza en el km 210+000AT=km 39+010AD de la Autopista Salina Cruz – La Ventosa.



Para fines constructivos el trazo de la carretera fue seccionado en 3 tramos, actualmente los tramos 1 y 3 se encuentran construidos, quedando pendiente la construcción del tramo 2, que dará continuidad a todo el proyecto y que es motivo de la presente MIA-R.

Imagen II.1 Representación gráfica del trazo del proyecto autorizado con respecto al tramo 2 que se somete nuevamente a evaluación.

En el proyecto autorizado el tramo 2 inicia en el km 72+500 y termina en el km 165+000, tiene una longitud de 92.5 km; con los cambios al proyecto se mantiene el cadenamiento inicial pero el final presenta una igualdad (165+838.37AT = 165+000AD) que permite ajustar el incremento de 2.08 km de longitud derivado del cambio de ruta del km 91+320 al km 104+650.

Además la ingeniería de detalle complementó el proyecto (estructuras y entronques), optimizando el trazo y reajustando el cálculo de superficies requeridas. Por lo tanto, la Promovente presentó a la SEMARNAT dichos cambios estructurales y la modificación de la geometría del tramo 2, conforme a lo establecido en el artículo 28 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto, mediante oficio 6.19.414.PPS-202/12 de fecha 21 de diciembre de 2012. A lo cual, la DGIRA determinó mediante oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/00897, que: *la modificación pretendida para el proyecto Mitla – Tehuantepec, no es procedente y requiere de la presentación de una nueva Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad que corresponda; debido a que las obras y actividades relacionadas con la modificación del proyecto requieren ser sometidas al procedimiento de evaluación de Impacto Ambiental, por tratarse de la construcción de obras nuevas que implican el incremento de la superficie de cambio de uso de suelo por la remoción de vegetación forestal y de la zona federal de los diferentes cuerpos de agua, donde se pretende construir más del doble de los puentes autorizados originalmente, lo cual, conlleva al aumento en magnitud e intensidad de los impactos ambientales evaluados y considerados en la autorización S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03.*

En virtud de lo anterior, la Promovente presenta esta nueva MIA-R, conforme a lo estipulado en la LGEEPA en el artículo 28, fracciones I, VII y X, y en el Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, Artículo 5, inciso B), O) fracción I y R) fracción I; en donde se evaluará:

- 1) El cambio de uso de suelo de terrenos forestales y no forestales en las superficies excedentes a la autorizada para la construcción de una carretera tipo A2 (Autopista Mitla – Tehuantepec, tramo del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD, de 94.58 km de longitud), con el fin de que estos excedentes permitan tener una mejor estabilidad de los taludes de corte y terraplén del tramo 2.
- 2) El cambio de uso de suelo de terrenos forestales y no forestales en el subtramo de cambio de ruta de 13.3 km, para optimizar el trazo y cortes requeridos del km 91+320 al km 104+650.
- 3) La construcción de 54 puentes, 11 viaductos, 3 túneles, obras adicionales (5 entronques, 9 pasos inferiores vehiculares, 4 pasos superiores vehiculares, 1 paso superior peatonal, 4 pasos superiores peatonales y ganaderos, 4 rampas de frenado de emergencia, 5 paraderos, 1 mirador). En la tabla Tabla II.1 se hace una comparativa de la infraestructura y obras especiales autorizadas con respecto a las proyectadas para esta nueva MIA-R.
- 4) La construcción de obras provisionales y asociadas (7.12 km de caminos de acceso<sup>1</sup> para el subtramo del eje troncal del km 128+000 al km 165+838.37, 5 bancos de préstamo y 51 bancos de tiro).

En la siguiente tabla se indica la cantidad de obras ubicadas del km 72+500 al km 165+000 del trazo autorizado del tramo 2 en materia de impacto ambiental (Resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03), algunas de las cuales, se mantendrán y otras se eliminaron por cuestiones de proyección del trazo modificado.

---

<sup>1</sup> Esta longitud hace referencia a la suma de los subtramos donde el eje de los caminos de acceso quedan fuera de la superficie del derecho de vía autorizado.

Tabla II.1 Comparativa de infraestructura y obras especiales del tramo 2

	Estructuras proyecto autorizado MIA-R 2003	Estructuras proyecto modificado
– <b>Entronques</b>	2	5
– <b>Pasos Inferiores</b>		
○ PIV (Paso Inferior Vehicular)	4	9
○ PIMA (Paso Inferior Maquinaria Agrícola)	1	0
– <b>Pasos Superiores</b>		
○ PSPyG (Paso Superior Peatonal y Ganado)	3	4
○ PSMA (Paso Superior Maquinaria Agrícola)	2	0
○ PSV (Paso Superior Vehicular)	0	4
○ PSP (Paso Superior Peatonal)	0	1
– <b>Rampas de frenado de emergencia</b>	0	4
– <b>Paraderos</b>	0	5
– <b>Mirador</b>	0	1
– <b>Obras de drenaje menor</b>	582	318
– <b>Túneles</b>	13	3
– <b>Puentes</b>	28	54
– <b>Viaductos</b>	0	11

De las estructuras del proyecto autorizado, se mantendrá la construcción de 19 puentes de los 28 que cuentan con autorización, otros 3 puentes más se convertirán en viaductos. También se mantienen 3 de los 13 túneles y para el caso de los entronques de los 2 autorizados se conserva 1 y el segundo cambia de ubicación. En cuanto a los pasos vehiculares y peatonales, se cambió su ubicación, por lo que, no se encontró coincidencia con los establecidos en el proyecto autorizado.

	PUENTES	VIADUCTOS	TUNELES	PASOS	ENTRONQUES	PARADEROS	RAMPAS	MIRADOR	TOTALES
ESTRUCTURAS AUTORIZADAS	28	0	13	10	2	0	0	0	53
ESTRUCTURAS NUEVAS	35	8	0	18	4	5	4	1	75
ESTRUCTURAS MANTIENEN	19	3*	3	0	1	0	0	0	26
<b>ESTRUCTURAS TOTALES MODIFICACIÓN</b>	<b>54</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>101</b>

\* El proyecto autorizado no presento viaductos, sin embargo de los cambios realizados, 3 de los puentes cambian a viaductos.

Para mayor detalle de la comparación de las estructuras en el apartado II.2.4.9 Comparativa de estructuras en el tramo 2, se presenta una tabla donde se desglosan todas las estructuras y obras especiales del tramo 2 del proyecto autorizado y las del proyecto modificado.



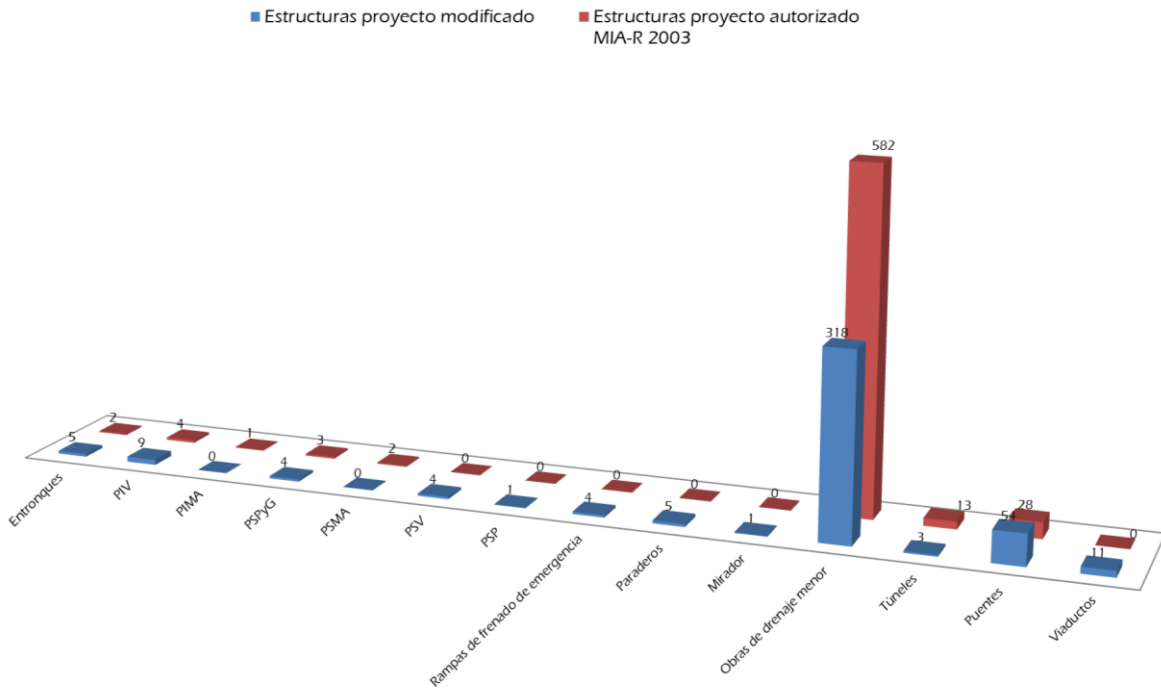


Gráfico II.1 Gráfico comparativo de infraestructura y obras especiales del tramo 2

Como se puede observar en la tabla y gráfico anterior existe un incremento de infraestructura adicional; la adición de entronques va a permitir una mejor conectividad de las poblaciones cercanas con la carretera y los pasos vehiculares y peatonales evitarán interrumpir la conectividad existente de los caminos y brechas lo que beneficiará a los pobladores de la región. En cuanto a las estructuras nuevas las rampas de frenado de emergencia se proyectaron porque son elementos necesarios para la seguridad del usuario de la carretera; los paraderos y el mirador tienen el objetivo de crear espacios para estacionarse y hacer más liviano el recorrido.

En las obras hidráulicas, el incremento de puentes se deriva de los estudios hidráulicos de la zona, en donde se consideró necesaria la proyección de puentes en lugar de obras de drenaje menor para mantener libre el área hidráulica. La construcción de viaductos evitará rellenar cañadas y mantenerlas libres de obras permanentes que interrumpan los procesos ecológicos.

Los túneles son de las estructuras que se redujeron debido a que con los cambios de alineación del eje se eliminó la necesidad técnica-constructiva de 10 de los túneles del proyecto autorizado ya que por la zona donde se aloja el trazo modificado no se requiere resolver el mismo número de sitios con zonas de estabilidad de cortes muy altos.

También se hace del conocimiento de la DGIRA que actualmente los trabajos están en proceso de ejecución bajo la autorización S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003, en los



subtramos del km 74+000 al km 90+500, del km 125+000 al km 126+500 y del km 163+000 al km 165+000.

El detalle de cada una de estas adecuaciones, así como las consideraciones y justificaciones para estos ajustes y cambios se describen en los apartados de este capítulo.

## II.1 Información general del proyecto

La topografía accidentada característica de la sierra de cumbres tendidas y de la sierra alta compleja del estado de Oaxaca, sumada a los suelos frágiles sobre los que se desarrolla el proyecto, son la principal razón de las modificaciones a la geometría del eje, que se presentan como ajustes de alineación, elevación del eje y un cambio de ruta de 13.3 km, así como la disminución de la inclinación de los taludes, que en conjunto mejoraron la proyección de la troncal autorizada para el tramo 2.

El eje del km 72+500 al km 75+800 se mantiene sin cambios a los del trazo autorizado, sin embargo, en estos primeros 3.3 km, se requieren ampliar las superficies de los taludes de corte y terraplén, así como las que se autorizaron para el entronque (1) Santa María Albarradas. A partir del km 75+800 en adelante, se inician las alineaciones del eje hasta el km 91+320, donde empieza el cambio de ruta que tiene una longitud de 13.3 km, en este subtramo se elevará la rasante del eje de los 1800 a los 1900 msnm, requiriendo una nueva trayectoria y superficie de cambio de uso de suelo de 67.40 ha constituida de terrenos de bosque de encino-pino secundario en estrato arbóreo y arbustivo, bosque de pino-encino secundario en estrato arbóreo y arbustivo, pastizal inducido, vegetación riparia, vegetación ruderal-arvense, y zonas agrícolas y urbanas (ver desglose y detalle de superficies en apartado II.2.c).

El cambio de ruta finaliza en el km 104+650, a partir de este punto, el eje se mantiene en la misma dirección del trazo autorizado pero con algunas variaciones mínimas de alineación y elevación; aprovechando en un 56% la superficie de derecho de vía del trazo autorizado en materia de cambio de uso de suelo forestal.

### Ajustes de trazo en el tramo 2

Los ajustes realizados al proyecto, tienen por objetivo mejorar la calidad del servicio de la vía de comunicación, incrementar la eficiencia y la seguridad para el bienestar de los usuarios.

Con la información de campo, topografía y estudios geotécnicos de la zona del eje de trazo, fue posible realizar diferentes análisis y propuestas para elegir la más adecuada, teniendo en cuenta todos los requerimientos técnicos y apegándose a la normativa vigente. Obteniendo como resultado un trazo más adecuado, respetando las consideraciones de elementos básicos del proyecto geométrico (usuario, vehículo y tipo de carretera). Considerando la gran complejidad de la orografía de la zona, las adecuaciones al proyecto contribuyen a que la construcción y operación del proyecto se de en un

entorno más estable, reduciendo en general la altura de los cortes, dando mayor seguridad al usuario y reduciendo el área de afectación a las condiciones naturales de la zona.

Los cambios del tramo 2 se determinaron principalmente por los diferentes factores técnicos y constructivos. Sin embargo, la valoración paisajista es algo que se consideró también en la modificación del proyecto autorizado, de tal forma que se consiguiera un desarrollo más armónico y natural dentro del paisaje, dicha integración se buscó de tal forma que no se generaran perturbaciones a gran escala en los sitios que se atraviesan por la construcción de grandes cortes o terraplenes, buscando que su estructura se asemeje lo mayormente posible a las formaciones naturales, tanto en apariencia como en su comportamiento, buscando proteger algunos sitios de especial interés estético, como sitios de origen natural (formaciones rocosas, árboles centenarios o pertenecientes a especies únicas y valiosas, construcciones prehispánicas, coloniales o con algún valor histórico y/o estético).

### **Alineamiento horizontal**

Al realizar los análisis necesarios para poder reacondicionar el trazo, fue necesario considerar los aspectos vitales de la vía a realizar. Una carretera de características tipo A2, requiere de mantener un alineamiento horizontal que permita contener distancias de visibilidad lo suficientemente viables, que permitan un margen de seguridad, razón por la cual es muy importante determinar las curvas horizontales que mejor se adapten al terreno y que configuren una condición de una velocidad promedio alrededor de los 90 KPH.

### **Alineamiento vertical**

Los terrenos con condiciones orográficas accidentadas no permiten establecer de manera sencilla los tendidos de rasante que cumplan con la normativa y por consecuencia con las relaciones de pendiente-velocidad, de manera directa y uniforme. Por la cual, se modificó el alineamiento vertical para satisfacer las normativas y consecuentemente la seguridad vial al conductor.

Las condiciones geotécnicas del lugar repercuten de manera importante para el correcto desplante del trazo en el terreno, tratando de alojarlo en zonas donde por sus condiciones se puede evitar riesgos de estabilidad.

En algunas zonas se recurrió al desplazamiento en la geometría del eje de trazo horizontal del proyecto autorizado. Esto permitirá solidificar los taludes para alojar un área menor de exposición para evadir desprendimientos de terreno y dar mayor seguridad a usuarios.

Debido a la diferencia de niveles, fue posible realizar e identificar diferentes análisis y propuestas geométricas de trazo hasta adquirir mayor estabilidad a las condiciones físicas del terreno. Ya que existen zonas vulnerables y se intenta evitar riesgos debido a que el terreno es muy accidentado, *pasa de una sección en balcón que se apoyaba parcialmente sobre un terraplén a una en corte*, lo cual, aumenta la línea de ceros, generando un área adicional que sobresale del derecho de vía. Como se muestra en la Imagen II.2, que es un ejemplo de la visión de mejora.

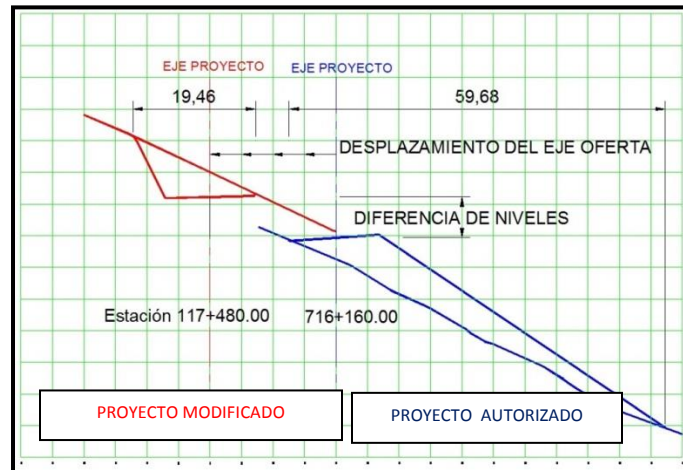


Imagen II.2 Mejora de sección.

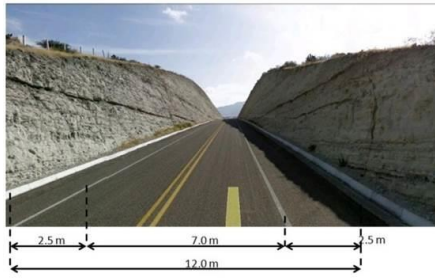
Estas condiciones generan que no se tengan cortes de alto riesgo, que pueden provocar inestabilidad en el talud del corte, minimizando las posibilidades de falla del terreno y consecuentemente un alto índice de caídos de material. En el caso de los terraplenes, permite que estos se puedan alojar de tal manera que no genere problemas de inestabilidad en su desplante.

### Protección de Taludes

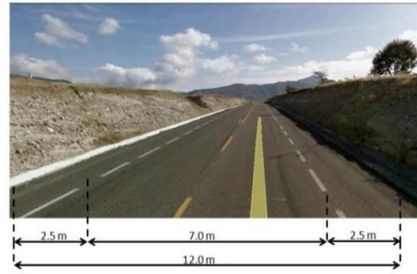
A lo largo de la carretera se hará uso de los elementos necesarios para la protección de los taludes, tanto en los cortes como para los terraplenes, buscando no solo garantizar la estabilidad de ellos, sino que mediante revegetación se logre conformar un pasto que tenga la doble función, de estabilizar los taludes, protegiéndolos de la erosión y la de lograr integrar la carretera al entorno natural.

Dando una mayor seguridad al buscar la estabilidad de los taludes; a causa de esto redunda en disminuir los riesgos de accidentes por desprendimientos de material de los taludes a la superficie de rodamiento. Y dar continuidad a los recursos hidráulicos de la zona para no afectar los cauces naturales, así como, el cruce a salvo de las especies animales que habitan, tratando de no ser una barrera ecológica.

Considerando la conjugación de alineamientos (tanto vertical como horizontal), para obtener pendientes máximas del 6%, en longitudes óptimas, con curvas en crestas y columpio adecuadas, lo cual, da seguridad y propicia un trazo con menos afectaciones.



Sección Trazo Autorizado



Sección Trazo Modificado

Imagen II.3 Ejemplo de comparación visual por reducción en la altura de los taludes de corte.

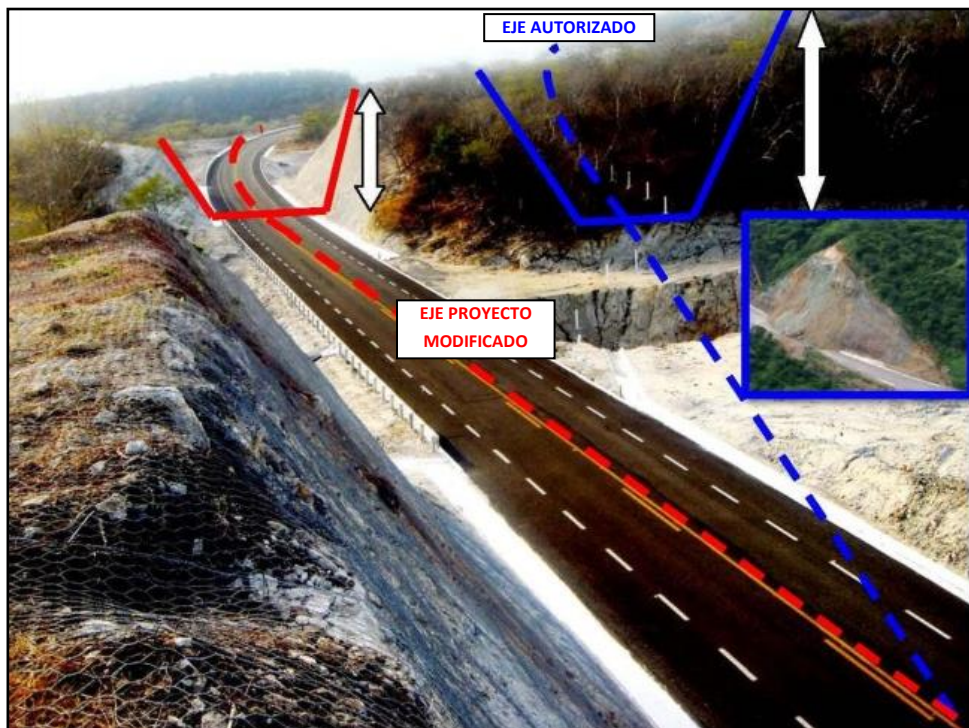


Imagen II.4 Reducción de alturas de corte por ajuste al eje de trazo con topografía directa.

### Incremento de obras hidráulicas

Otro aspecto en el que influye la orografía existente, son las condiciones hidráulicas de la zona que atraviesa el trazo. De importante trascendencia para el desplante de las estructuras necesarias y sus obras de drenaje menor. Estas obras hidráulicas buscan tener dos objetivos en común: conducir apropiadamente los escurrimientos de la zona (evitando la afectación a los cauces naturales), y alentar el cruce de la fauna de manera ajena a la interrupción ocasionada por la infraestructura. Salvaguardando así la integridad de las especies típicas de la zona y permitiendo continuar con su desarrollo habitual. Adicionalmente se han establecido mejoras recurriendo al uso de tubería de lámina que es más amigable con el medio ambiente, a diferencia de las clásicas obras de concreto y PAD.

Es importante aclarar, que la Promovente, tiene actividades de apertura y construcción en algunos subtramos del tramo 2, sobre la superficie del trazo autorizado mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03. A la fecha se tiene una longitud aperturada de 21.5 km divididos en 3 segmentos ubicados al inicio, en la parte media y al final del trazo autorizado:

- El primer segmento es del km 72+500 al km 90+500, con una longitud de 18 km; en esta parte, como se mencionó anteriormente, el eje troncal se mantiene igual que el eje del trazo autorizado, y únicamente se requieren áreas adicionales que permitan tener una mejor estabilidad de los taludes de corte y terraplén. Estas hectáreas adicionales se consideran en la superficie de afectación del tramo 2, para el que se presenta esta MIA-R.
- El segundo segmento es del km 125+000 al km 126+500 con una longitud de 1.5 km, a la altura de la población de Santo Domingo Narro, el eje en este subtramo no es igual al autorizado debido a que se elevó la rasante de la carretera, pero las actividades de apertura se limitan a la línea de ceros dentro de la superficie autorizada, para acceder a estos kilómetros se utilizó la terracería que comunica a los habitantes del poblado de Santo Domingo Narro.
- El tercer segmento es del km 163+000 al km 165+838.37AT=165+000AD con una longitud de 2 km, donde el eje troncal tiene cambios mínimos de alineación con respecto al eje autorizado; las actividades de apertura se limitan a la línea de ceros que se encuentra dentro de la superficie autorizada.

Todas las actividades de apertura y construcción en estos kilómetros se han realizado bajo el cumplimiento de las condicionantes emitidas en el resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03.

**Derivado de que la Promovente cuenta con autorización en materia de impacto ambiental para el proyecto de la carretera Mitla – Tehuantepec, en la información descrita en esta MIA-R, se emplearán los siguientes conceptos:**

- **Trazo autorizado del tramo 2 (Proyecto Autorizado):** se refiere a la geometría base del eje troncal y de la superficie que cuenta con la autorización en materia de impacto ambiental y de CUSTF referidas. En específico la información que se retoma en los apartados de este capítulo corresponde al tramo del km 72+500 al km 165+000 con una longitud de 92.5 km que incluye la proyección de 28 puentes, 13 túneles, 2 entronques, 4 PIV's, 1 PIMA, 3 PSPyG, 2 PSMA, 582 obras de drenaje, 5 cruces con líneas de alta tensión de CFE.
- **Trazo del tramo 2 (Proyecto Modificado):** se refiere al proyecto definitivo, que incluye los ajustes a la geometría del eje troncal, al cual, se le realizaron cambios de alineación, elevación y de la línea de ceros; así como el cambio de ruta de 13.3 km. Este trazado se presenta como tramo 2, con inicio en el km 72+500 y final en el km 165+838.37AT=165+000AD con una longitud de 94.58 km, que incluye la proyección de 54 puentes, 11 viaductos, 3 túneles e infraestructura adicional (5 entronques, 9 pasos inferiores vehiculares, 4 pasos superiores vehiculares, 1 paso superior peatonal, 4 pasos superiores peatonales y ganaderos, 4 rampas de frenado de emergencia, 5 paraderos, 1 mirador).

### II.1.1 Naturaleza del proyecto

El tramo 2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD representa el 58% del trazo total del proyecto integral Mitla – Tehuantepec, como se mencionó anteriormente su construcción es vital para la continuidad de la carretera, debido a que une los tramos 1 y 3 que actualmente están construidos.

Al realizar las modificaciones al trazo autorizado, el tramo 2 incrementa la longitud original de 92.5 km a 94.58 km y se genera una igualdad en el cadenamamiento final: km 165+838.37 AT = km 165+000 AD.

Una vez concluida la construcción de la carretera Mitla - Tehuantepec conectará con 2 vías generales de comunicación rápidas, en el extremo inicial con el libramiento Mitla y en el final con la Autopista Salina Cruz – La Ventosa, formando en conjunto con otras carreteras construidas el eje carretero México - Oaxaca - Mitla - Tehuantepec - La Ventosa - Arriaga - Tapachula - Cd. Hidalgo - Guatemala, considerado como uno de los 13 proyectos que integran el Plan Territorial de las Infraestructuras de Oaxaca, también conocido como “Proyecto Platino”, el cual, forma parte del Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016.

El proyecto se define como el conjunto de obras y actividades, que se requieren para la construcción del tramo 2 de la carretera Mitla – Tehuantepec, que se enlistan a continuación:



- a) Cambio de uso de suelo de superficies forestales y no forestales para la construcción de la carretera tipo A2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD (De aquellas áreas que se ubican fuera del derecho de vía autorizado en materia forestal, más la requerida para obras de infraestructura adicional y obras provisionales y asociadas).
- b) Construcción de 54 puentes, 11 viaductos, 3 túneles e infraestructura adicional: 5 entronques, 9 pasos inferiores vehiculares, 4 pasos superiores vehiculares, 1 paso superior peatonal, 4 pasos superiores peatonales y ganaderos, 4 rampas de frenado de emergencia, 5 paraderos y 1 mirador.
- c) Construcción de obras provisionales y asociadas a la etapa de construcción: 7.12 km de caminos de acceso para el subtramo del eje troncal del km 128+000 al km 165+838.37, 5 bancos de préstamo y 51 bancos de tiro).

### **Cambio de uso de suelo de superficies forestales y no forestales para la construcción de la carretera tipo A2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD**

El cambio de uso de suelo de terrenos forestales y no forestales que se requiere para la construcción del tramo 2 de la carretera Mitla – Tehuantepec del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD se desglosa de la superficie de línea de ceros modificada para el eje troncal, así como en las superficies para la construcción de puentes, viaductos, túneles (portales), infraestructura adicional y obras provisionales y asociadas, este conjunto de superficies se definirá como superficie de afectación del proyecto, la cual, en un 44% está dentro de la superficie autorizada mediante el resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 (ver apartado II.2.c).

Una vez establecida, la situación actual del proyecto, se pretende presentar como **solicitud de cambio de uso de suelo la superficie de afectación del proyecto fuera del derecho de vía del trazo autorizado mediante resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03**, considerando que la Promovente cuenta con 562.98 ha del trazo autorizado del tramo 2 en materia de impacto ambiental y CUSTF, por lo que se harán los respectivos desgloses de superficies, a fin de presentar los siguientes 3 conceptos y obtener la cuantificación de las áreas adicionales que requieren autorización.

- Superficie de afectación del proyecto está constituida por 593.76 ha de terrenos forestales y no forestales. [Incluye: (1) la superficie de línea de ceros modificada para el eje troncal [terracerías<sup>2</sup>, puentes, viaductos, túneles (portales de entrada y salida)], (2) la superficie para infraestructura adicional fuera de la línea de ceros del eje troncal y (3) la superficie para obras provisionales y asociadas]. Ver apartado II.2.c.1
- Superficie del trazo autorizado del tramo 2 de 562.98 ha [correspondiente a 558.27 ha del derecho de vía de 60 m de ancho por 92.5 km de longitud, y 4.71 ha para el entronque (1) Santa María Albarradas]. Ver apartado II.2.c.2

---

<sup>2</sup>El concepto de terracerías se refiere a la superficie del eje troncal en la que se realizará el desmonte, cortes (despalme y excavaciones en corte), formación de terraplenes y construcción de la capa subyacente y subrasante.

- Superficie excedente total del proyecto de 350.76 ha [resultado de la diferencia y sobreposición de las 2 anteriores]. Este concepto establece 3 tipos de superficies, la primera corresponde a la cantidad de hectáreas que están fuera del derecho de vía del trazo autorizado; la segunda indica el número de hectáreas que se seguirán aprovechando, es decir, es aquella superficie que está dentro del derecho de vía del trazo autorizado y que pese a la modificación del eje, se seguirá ocupando; y la tercera superficie hace referencia a la cantidad de hectáreas que están dentro del derecho de vía del trazo autorizado pero no se aprovecharan en la construcción de la carretera. Ver apartado II.2.c.3

Para la valoración de los impactos ambientales (Capítulo V), se consideró lo establecido en toda la superficie de afectación del proyecto, tanto en zonas que han sido aperturadas y presentan actividades de construcción, como aquellas en las que aún no se presentan avances sobre la superficie del trazo autorizado, con el objetivo de obtener un enfoque integral, que permita valorar y cuantificar objetivamente los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales en el SAR. Pero para la cuantificación de la superficie para la que se solicita autorización en materia de impacto ambiental, se realizaron, los respectivos desgloses de áreas, a fin, de obtener la Superficie Excedente Total (SET) al proyecto autorizado que es el resultado de la suma de la superficie excedente del eje troncal 186.21ha + superficie excedente de la infraestructura adicional 21.74ha + superficie excedente de las obras provisionales y asociadas 142.82 ha, la cual, corresponde a 350.76 ha (ver apartado II.2.c.3), de las cuales 314.50 ha se consideran vegetación nativa con características forestales y el resto (36.25 ha) corresponde a usos de suelo que han sido cambiados para dotar de servicios y recursos a los habitantes de la región, como zonas agrícolas, urbanas, caminos, vegetación ruderal-arvense, pastizales inducidos, cruces de CFE, sin vegetación aparente y zonas de extracción de material.

Concepto	Sup. dentro del DV*		Sup. excedente		Sup. Afectación
Eje troncal	236.82	+	186.21	=	423.03
Infraestructura adicional	6.18	+	21.74	=	27.92
Obras provisionales y asociadas	---	+	142.82	=	142.82
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	+	<b>350.76</b>	=	<b>593.76</b>

\* Superficie que cuenta con autorización mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003.



## Construcción de puentes, viaductos, túneles e infraestructura adicional

**Puentes y viaductos.** En cuanto a la construcción de infraestructura hidráulica (obras de drenaje mayor) y obras especiales, en el tramo 2 se tienen proyectados 54 puentes y 11 viaductos, que sumados dan un total de 65 estructuras, que se construirán sobre los escurrimientos o depresiones topográficas (barrancos) que cruza el eje troncal.

***Obras autorizadas:** En lo correspondiente al trazo autorizado del tramo 2 se menciona la construcción de 28 puentes, los cuales, son insuficientes para permitir el libre escurrimiento de la hidrología superficial del lugar. De estos puentes autorizados para su construcción, se mantienen 21 estructuras, con algún pequeño cambio de ubicación, es decir, se ubican unos metros aguas arriba o abajo pero sobre el mismo cauce. También se ajustó el cadenamamiento y dimensiones de algunos de ellos, porque se proyectaron con menor longitud al modificarse la elevación del eje troncal.*

***Ver justificación técnico-constructiva en apartado II.1.2.1, sección V.***

**Túneles.** El trazo del tramo 2 contempla la construcción de 3 túneles, ubicados en los kilómetros 101+980, 142+000 y 544+300<sup>3</sup>, el primero se ubica en el subtramo de cambio de ruta, casi al final de la misma, y los 2 restantes se ubican en el subtramo paralelo al río Tehuantepec, en los sitios donde los cerros forman meandros; éstos 2 túneles cuentan con autorización, al tratarse de túneles que se contemplaron originalmente en el trazo autorizado.

***Obras autorizadas:** El trazo autorizado tiene proyectados 13 túneles, de los cuales 9 se eliminaron y 2 se mantienen en los sitios manifestados. De las estructuras eliminadas 3 de ellas se ubicaban en el subtramo que se cambió la ruta, y los 6 restantes se eliminaron debido a que al elevar la rasante del eje, se consideró innecesaria su construcción, y se sustituyó la sección en túnel por la sección en corte.*

*En el trazo autorizado la proyección de los 13 túneles tenía objetivos técnico-constructivos, debido a que la rasante del eje se ubicaba a una menor elevación y por lo tanto, se tenía la necesidad de cruzar los cerros mediante la construcción de los túneles, y evitar taludes de corte de gran altura.*

***Ver justificación técnico-constructiva en apartado II.1.2.1, sección IV.***

---

<sup>3</sup> Este cadenamamiento se ubica entre las igualdades 144+000AT=544+000AD y 546+026.729AT=146+040AD.

**Infraestructura adicional:** Son aquellas obras que se requieren construir para completar la funcionalidad de la carretera; el trazo modificado del tramo 2, presenta la proyección de:

- 5 entronques: Entronque (1) Albarradas (Km 72+963.57); Entronque (2) Tepuxtepec (Km 90+572); Entronque (3) Narro (Km 126+645); Entronque (4) Lachixila (Km 148+118); Entronque (5) Totolapilla (Km 160+821)
- 9 pasos inferiores vehiculares: PIV1 (Km 92+445); PIV2 (Km 92+950); PIV3 (Km 98+422); PIV3A (Km 101+242); PIV4 (Km 101+679); PIV5 (Km 102+570); PIV6 (Km 103+720); PIV8 (Km 105+700); PIV9 (Km 119+250)
- 4 pasos superiores vehiculares: PSV1 (Km 81+340); PSV2 (Km 82+080); PSV3 (Km 83+300); PSV4 (Km 83+892)
- 4 pasos superiores peatonales y ganaderos: PSPyG 1 (Km 115+750); PSPyG 2 (Km 116+570); PSPyG 3 (Km 123+620); PSPyG 5 (Km 124+730)
- 1 paso superior peatonal: PSP4 (Km 125+420)
- 5 paraderos: Paradero No. 1 (Km 106+360); Paradero No. 2 (Km 116+900); Paradero No. 3 (Km 123+680); Paradero No.4 (Km 125+460); Parador Integral Narro (Km 1+120 del Eje 1 del entronque Narro)
- 1 mirador: Mirador Acatlancito (Km 125+440)
- 4 rampas de frenado de emergencia: Rampa No. 1 (Km 81+200); Rampa No. 2 (Km 90+000); Rampa No. 3 (Km 115+200); Rampa No. 4 (Km 125+000)

**Obras autorizadas:** *Algunas de estas obras se habían manifestado en el trazo autorizado, como el entronque Albarradas, 4 PIV's y 3 PSPyG, pero con la modificación del eje los pasos se reubicaron de lugar, solo el entronque Santa María Albarradas permanece en el mismo cadenamiento, sin embargo, se requiere un área adicional de 1.97 ha para su construcción, conforme al proyecto ejecutivo autorizado.*

### Construcción de obras provisionales y asociadas

Con el fin de presentar en el capítulo V de esta MIA-R los impactos sinérgicos y/o acumulativos que se pudieran presentar dentro del territorio de los municipios de San Pablo Villa de Mitla, San Lorenzo Albarradas, San Pedro y San Pablo Ayutla, Santo Domingo Tepuxtepec, San Pedro Quiatoni, San Juan Juquila Mixes, San Carlos Yautepec, Nejapa de Madero y Santiago Lachiguiri, se presentan a evaluación en materia de impacto ambiental los bancos de préstamo y de tiro, y caminos de acceso que se requieren para poder llevar a cabo la construcción de los 94.58 kilómetros faltantes de la carretera Mitla- Tehuantepec, que corresponden al tramo 2.

El proyecto requiere de 5 bancos de préstamo y 51 bancos de tiro. Los bancos de préstamo (BP) que se presentan a evaluación, 2 pertenecen a materiales del cauce del río Tehuantepec, 2 más se ubican sobre áreas con vegetación forestal de bosque de encino-pino y pino-encino y 1 sobre una zona agrícola. Los bancos de tiro (BT), 2 se ubican en zonas agrícolas y el resto sobre terrenos con vegetación de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino. Los caminos de acceso a los bancos de préstamo, se distribuyen en el espacio circundante al eje para conectar los frentes de trabajo con los bancos de tiro o desperdicio, así como con los bancos de préstamo; la longitud de cada uno de ellos, está en función de la topografía del lugar, debido a que el descenso y ascenso de las curvas de nivel son lo que define la mejor dirección, trayectoria y estabilidad (ver detalle y desglose de superficies y uso de suelo y vegetación a afectar en apartado II.2.4.1.2 y II.2.4.1.3).

Los caminos de acceso al eje troncal para los que se solicita autorización se construirán para acceder principalmente al subtramo paralelo al río Tehuantepec (del km 128+000 al km 165+838.37AT=165+000AD), en los puntos donde la topografía impida realizar las maniobras de construcción por el frente de trabajo, para ello, se requerirá aperturar varios caminos de acceso, con un estimado aproximado de 7.12 km de longitud fuera del derecho de vía autorizado. Cabe aclarar que todos estos caminos son temporales y únicamente conducirán al trazo, por lo que se cerraran al término de la etapa de construcción.

Para los sitios donde se construirán puentes o viaductos, igualmente se requiere la apertura de caminos de acceso hacia los sitios de pilotaje de cada apoyo central, la geometría de dichos caminos, aún no está definida, pero se estima su construcción dentro de los límites del derecho de vía del trazo autorizado, por lo cual, no se solicita superficie adicional para este concepto de obra.

Adicional a las mejoras comentadas del proyecto como la geometría, reducción del volumen total de movimiento tierras, área de exposición de los cortes, etc., también se elaboró un análisis de los procedimientos constructivos propuestos: (1) Sustitución de muros de concreto armado por muros de tierra reforzados con geomalla y fachada vegetal (muros verdes), (2) Utilización de Biotecnología para control de erosión en los taludes y (3) Sustitución de tuberías de concreto armado por tuberías de lámina de acero corrugado, buscando que no solo presenten mejoras técnicas, sino también aporten métodos innovadores ecológicamente sustentables (ver descripción de estos procedimientos en apartado II.2.4.3 Innovación en sistemas constructivos ecológicamente sustentables).

## II.1.2 Justificación

### II.1.2.1 Justificación Técnica de los Ajustes de Mejora al Trazo del Proyecto

Para el diseño del proyecto de la carretera se amplió la información geotécnica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la cual, fue complementada desde la licitación y durante la elaboración del proyecto ejecutivo con los siguientes trabajos de exploración:

- 14 sondeos mecánicos con recuperación de muestra para estudio de cortes y túneles que totalizan 406 m de perforación
- 211 pozos a cielo abierto o sondeos manuales para estimación de espesores de suelo.
- 169 estaciones geomecánicas
- 365 perfiles de sísmica de refracción de 60 y 120 m para reconocimiento de los espesores de suelos cuaternarios, grado de intemperización y excavabilidad.”

Con los estudios geotécnicos y geofísicos realizados se efectuaron **ajustes de mejora al trazo del proyecto en el Tramo 2**, tanto en el alineamiento horizontal como vertical (movimiento de rasante), esto técnica y normativamente mejorara las condiciones de operación y seguridad de la vía siempre buscando el mayor apego al trazo del proyecto autorizado.

Los ajustes de mejora del trazo en el Tramo 2 se realizaron para obtener los siguientes objetivos:

- I. Precisiones técnicas y mejoras necesarias en la geometría para ubicar el trazo en zonas con mayor estabilidad en los taludes.
- II. Reducción de las áreas de exposición de los cortes (buscando disminuir las áreas a deforestar).
- III. Cambio de ruta del km 91+320 al 104+650
- IV. Disminución del número de túneles
- V. Incremento de estructuras (puentes y viaductos)

Para diseñar los ajustes de mejora al trazo no solo se consideraron factores técnicos y constructivos, además, se proyectó la carretera de tal forma que su desarrollo se integrara al entorno social y natural. Su integración se consigue al no generar perturbaciones a gran escala en los sitios que atraviesa, tales como grandes cortes o terraplenes, reducción de áreas a deforestar, evitar lo más posible zonas pobladas y que el diseño de la ingeniería de por resultado una solución constructiva de menor riesgo para los trabajadores durante la construcción y usuarios finales de la vía.

Todas las modificaciones de mejora al trazo, principalmente la disminución de volumen y cambio de ruta, eliminaron la **necesidad técnica constructiva de 10 de los 13 túneles del proyecto de la ruta de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.**

## I. Precisiones técnicas y mejoras necesarias en la geometría para ubicar el trazo en zonas con mayor estabilidad

En el proyecto autorizado no se consideró a detalle algunas condiciones reales del sitio que rigurosamente deben cuidarse durante la construcción, además la información geotécnica disponible permitió hacer distintos análisis y propuestas de ajustes en la geometría realizando desplazamientos horizontales y verticales del trazo que permiten ubicar el trazo en zonas con mayor estabilidad.

Los desplazamientos horizontales van de un metro hasta máximo 40 metros aproximadamente, también hay desplazamientos de manera vertical (movimiento de la rasante), sin embargo, en la mayor parte del trazo el eje del proyecto modificado coincide con el eje del proyecto autorizado (Imagen II.5) Las zonas donde se requieren áreas adicionales a las contempladas la en la MIA del 2003 se debe que las áreas autorizadas no consideraban la línea de ceros requerida por el proyecto y a los ajustes de mejora efectuados.

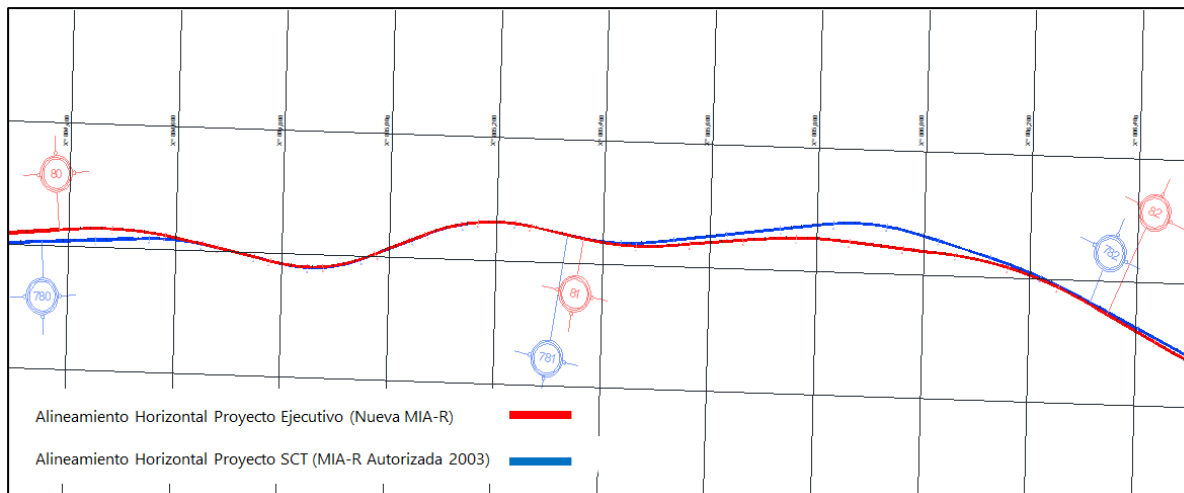


Imagen II.5 Comparativa del eje del trazo del proyecto modificado vs. Proyecto Autorizado del Km 80 al Km 82

En cuanto a los ajustes de mejora realizados, son los desplazamientos en la geometría del eje de trazo horizontal del proyecto autorizado, un ejemplo se encuentra en el km 75+142 a km 75+449, donde se desplazó a la derecha el eje del trazo modificado en una longitud aproximada de 12 m. El ajuste geométrico repercute en la curva horizontal No. 6 de la propuesta del proyecto modificado, la cual, pasa de una deflexión izquierda de 84° a 60°, en la que se propone una curva horizontal que disminuye del grado de curvatura de la propuesta presentada en el proyecto autorizado.

El ajuste también tiene un beneficio desde el punto de vista geotécnico, al mover el trazo ladera arriba es posible ubicarlo en una zona más estable, para poder apreciar mejor esta condición se anexa imagen de la sección km 75+280 (Imagen II.6).

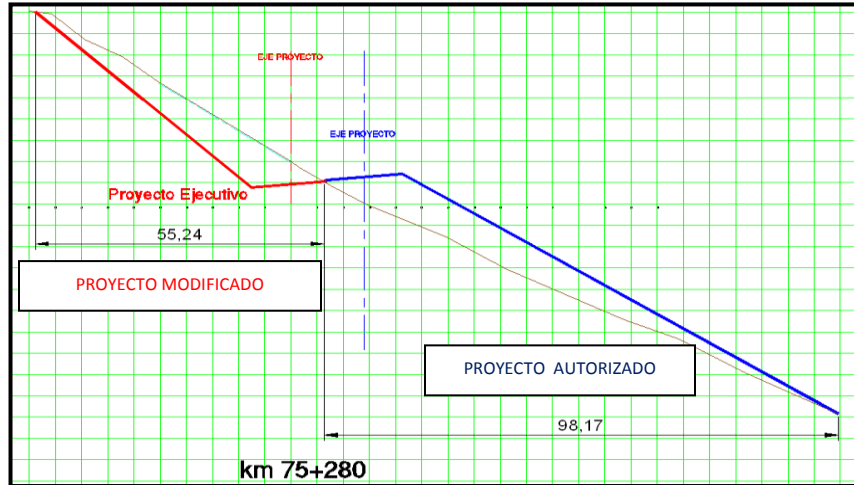


Imagen II.6 Sección comparativa de trazos Km 75+280

En el km 85+218 al km 85+454 para mejorar el alineamiento horizontal, se desplaza el eje del trazo aproximadamente 17 m a la izquierda del eje autorizado y de manera vertical tiene un movimiento de la rasante en 6 metros, ubicando el trazo en una zona mucho más estable al eliminar la necesidad del terraplén. (Imagen II.7).

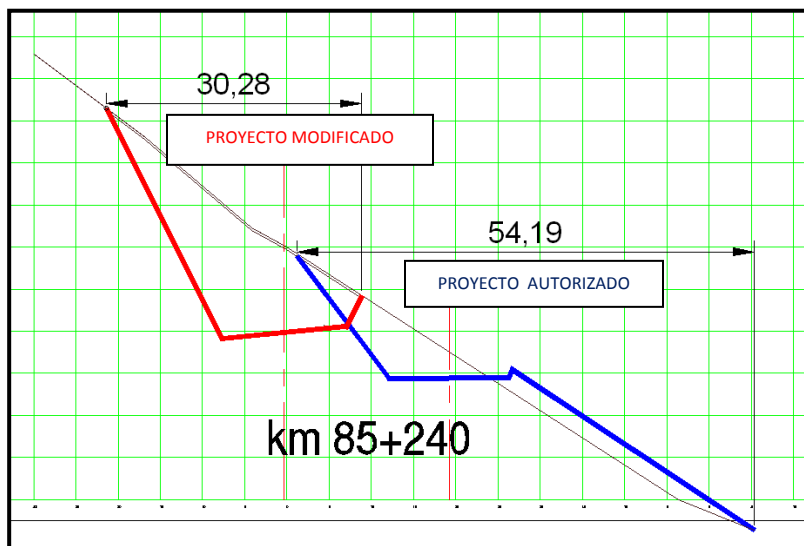


Imagen II.7 Sección 85+240, se elimina el terraplén.

En la zona del km 117+240 al km 117+680 se efectuó un ajuste geométrico del eje de trazo autorizado que trae como beneficio alojar una menor área en la línea de ceros y dar mayor estabilidad al talud, considerando el alineamiento descendiente con una pendiente de 4.52 por ciento. Se evita la sensación de inseguridad en el conductor por la percepción visual de las elevaciones de terraplén ocasionadas por el eje de trazo autorizado y desde el punto de vista ambiental, el tener menor área para alojar el proyecto, favorecen la reducción de la afectación e invasión al terreno natural (Imagen II.8).

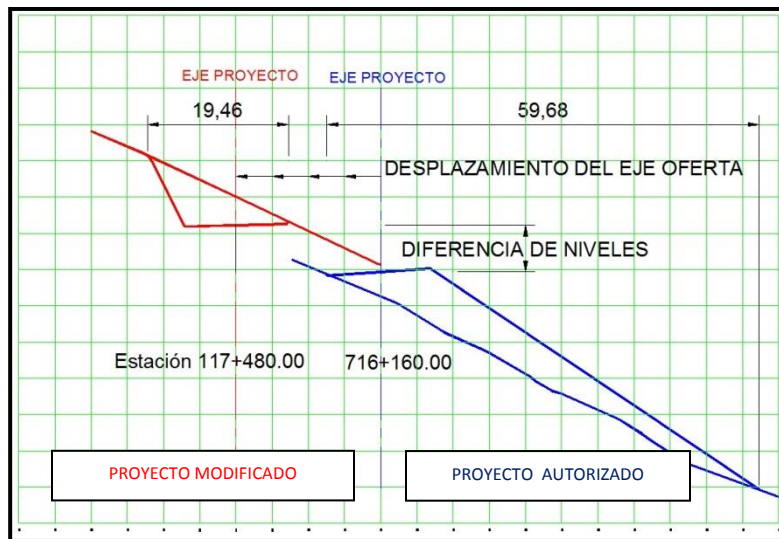


Imagen II.8 Mejora de sección proyecto autorizado - sección proyecto modificado (km 117+480.00)

Para la zona del km 128+600 al km 128+640 se hace un ajuste que se fundamenta en que el trazo siga la configuración del terreno natural y evitar las zonas más vulnerables incrementando la seguridad del usuario, esto evitará constantes molestias a los usuarios por trabajos de limpieza ocasionados por erosiones o desprendimientos del terreno. Fue posible realizar e identificar diferentes análisis y propuestas geométricas de trazo hasta adquirir mayor estabilidad de la calzada y el mejoramiento de los taludes de corte y terraplén así como de su área de exposición al intemperismo (Imagen II.9).

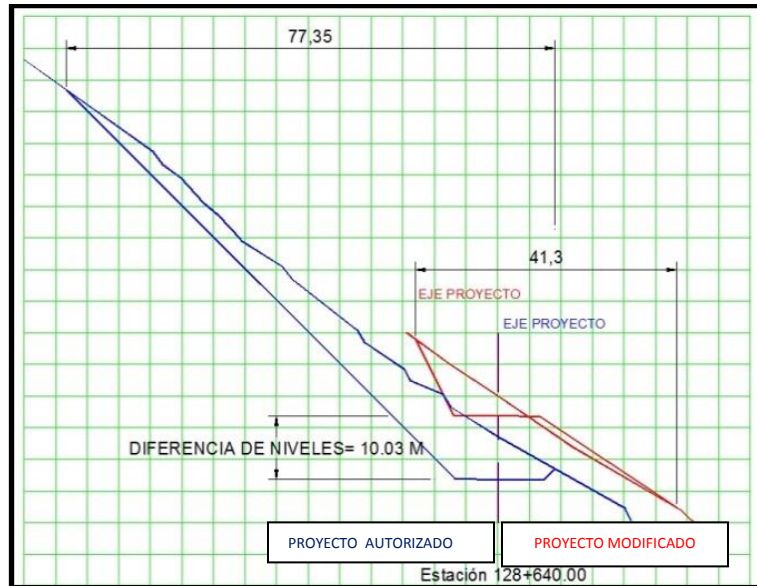


Imagen II.9 Comparación de sección proyecto autorizado - sección proyecto modificado se da mayor estabilidad, a base de la configuración del terreno físico.

En el km 157+785 al km 158+582, el eje se desplaza aproximadamente 32 m de manera horizontal y se tiene una diferencia de niveles de la rasante de 11.54 m. El ajuste geométrico del eje mejorara las condiciones de la vía teniendo mayor estabilidad y disminuyendo la línea de ceros (áreas ocupadas por el proyecto que deberán deforestarse). En el alineamiento vertical tenemos una pendiente descendiente 5 por ciento con una longitud de 520 metros óptima para la visión de los usuarios ya que el terreno es muy accidentado, para poder apreciar mejor esta condición se anexa imagen de la sección km 157+980 (Imagen II.10).

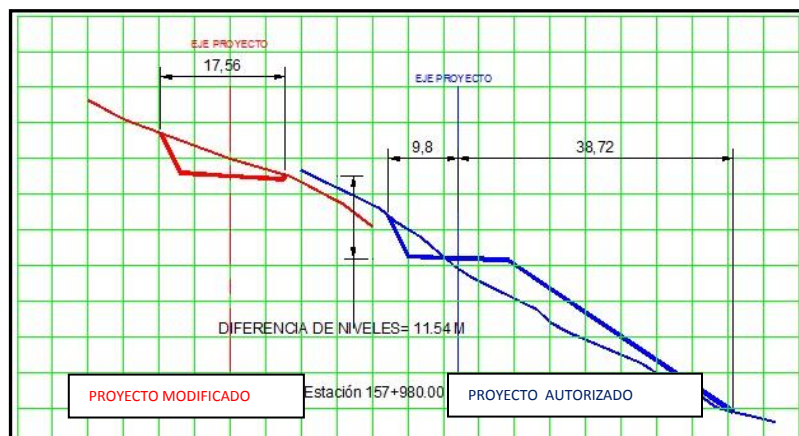


Imagen II.10 Mejora de sección de proyecto autorizado vs. proyecto modificado (km 157+980).



En la zona del km 156+600 al km 156+745 se hace un desplazamiento en la geometría del trazo horizontal del proyecto autorizado aproximadamente de 20 m y se tiene un movimiento del alineamiento vertical (movimiento de rasante) de 8.29 m. El ajuste realizado en esta zona logra disminuir el volumen de cortes y la línea de ceros, lo cual, proporciona una mayor estabilidad al talud debido a una menor área, redonda en disminuir los riesgos de accidentes a los usuarios por desprendimientos de material de los taludes a la superficie de rodamiento (Imagen II.11).

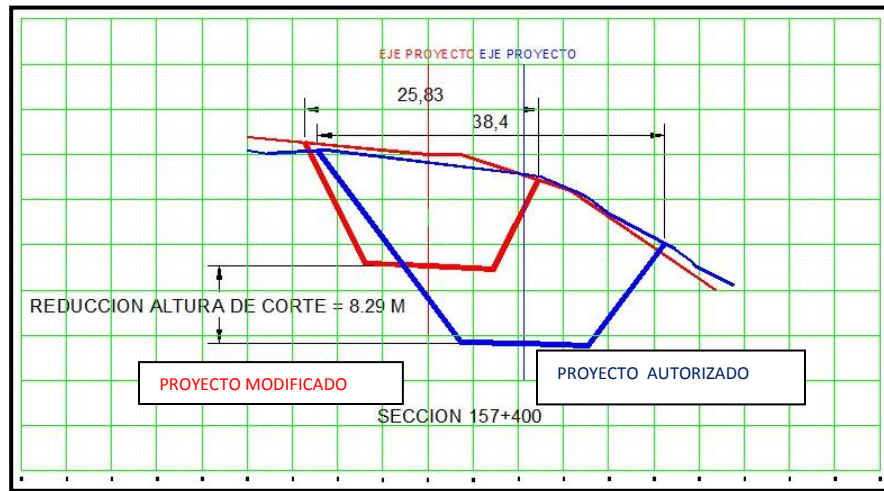


Imagen II.11 Comparación de la reducción en la altura de corte.

Continuando con los ajustes de mejora en el km 161+799 al km 162+904 se hace un desplazamiento en la geometría horizontal del eje de trazo del proyecto autorizado, aproximadamente de 40 m, requerida debido a la diferencia en la topografía (pasa de una sección en balcón que se apoyaba parcialmente sobre un terraplén a una en corte) (Imagen II.12).

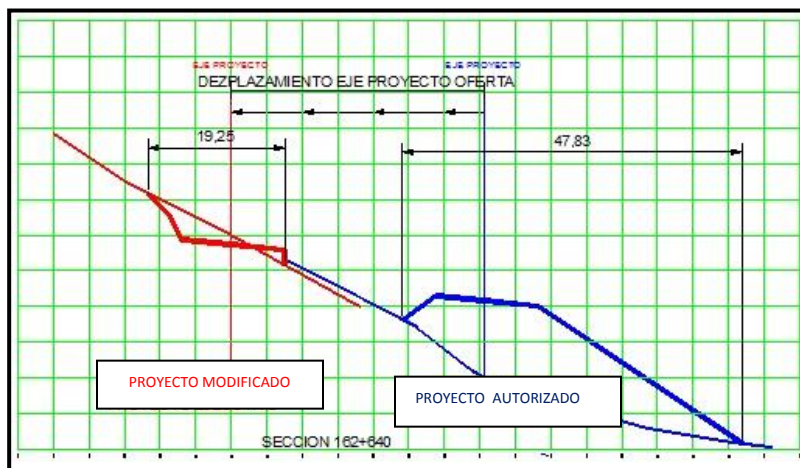


Imagen II.12 Mejora de sección de proyecto modificado km 162+640.00

En general todos los ajustes realizados a lo largo del trazo del tramo 2 presentan similitudes con los ejemplos expuestos, **permiten alojar el trazo en una zona de terreno firme que a futuro reducirá afectaciones y molestias a los usuarios debido a las actividades de mantenimiento o reparación en la zona de terraplenes.**

## II. Reducción de las áreas de exposición de los cortes

El proyecto autorizado en 2003 para el Tramo 2 indica en la MIA un área requerida de 558.27 ha, la cual, es determinada por una franja de 60 metros sin contemplar la línea de ceros del proyecto que sobrepasa la línea de derecho de vía (60m). El proyecto modificado solo requerirá de 423.03 ha para alojar el proyecto sobre la troncal incluyendo la línea de ceros, lo que representa una reducción del área requerida en 23.6%.

En cuanto a las obras adicionales en el proyecto modificado actual se consideran 5 entronques, 4 rampas de frenado, 5 paraderos y 9 pasos vehiculares ocupando un área de 27.92 ha, mismos que son requerimientos técnicos solicitados desde las bases de licitación por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en búsqueda de mejorar la comunicación y servicio de las comunidades aledañas al proyecto y su mayor aportación es mejorar la seguridad de la vía.

Podemos observar también la disminución de las áreas requeridas con la reducción de volumen total de despalme en el Tramo 2 (Tabla II.2).

Tabla II.2 Comparativa de volumen de despalme

DESPALME		DIFERENCIA
PROYECTO AUTORIZADO	PROYECTO MODIFICADO	
P-MIA 2003	P-MIA 2014	
1,056,406.6 m <sup>3</sup>	722,240.0 m <sup>3</sup>	- 334,166.6 m <sup>3</sup>

En la zona donde se contempla el proyecto se tienen suelos y rocas de muy diferentes características geológicas y diferentes grados de fracturación y descomposición, que requieren para su estabilidad en corte taludes con inclinación desde 0.25 x 1(HxV) hasta 1.5 x 1(HxV). En aquellas zonas de materiales cuya estabilidad en corte y en terraplén requiere taludes muy tendidos, que implicarían mayores superficies de desmonte y mayores áreas expuestas a la erosión, se prefirió verticalizar los taludes de corte y utilizar en ellos recursos de estabilización mecánica con anclas, mallas metálicas, concreto lanzado y muros de sostenimiento de

terraplenes. Este criterio geotécnico de diseño y construcción de terracerías, que ha implicado considerable inversión de recursos, pero a la vez presenta ahorros en conservación ambiental, ya que permite reducir las áreas de desmonte y disminuir la erosión de suelos y la contaminación de las corrientes aledañas a la carretera (Imagen II.13).

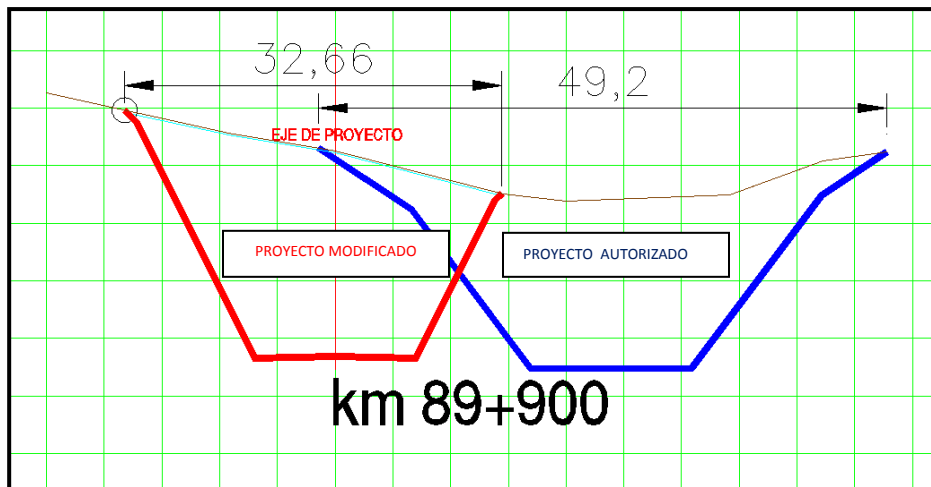


Imagen II.13 Mejora de sección proyecto autorizado - sección proyecto modificado.

Los ajustes de mejora efectuados en la geometría y reducción de áreas de exposición apoyada con el criterio de diseño de estabilización de taludes por medios mecánicos dieron como resultado un movimiento de tierras equivalente al del proyecto autorizado (MIA-R 2003), teniéndose un volumen a ejecutar entre cortes y formaciones de terraplén de 29.8 millones de metros cúbicos (Imagen II.14).

Corte		Formaciones		Total Movimiento Tierra	
PROYECTO SCT	PROYECTO EJECUTIVO	PROYECTO SCT	PROYECTO EJECUTIVO	PROYECTO SCT	PROYECTO EJECUTIVO
P-MIA 2003	P-MIA 2013	P-MIA 2003	P-MIA 2013	Proyecto MIA 2003	Proyecto MIA 2013
18,804,903.10	20,406,417.00	10,862,467.50	9,463,281.00	<b>29,667,370.60</b>	<b>29,869,698.00</b>

Imagen II.14 Comparativa de Movimiento de Tierras Total del proyecto Autorizado vs. Proyecto Modificado.

La reducción de 1.5 millones de m<sup>3</sup> de volumen de terraplén (formaciones) reduce la necesidad de explotación de bancos de préstamo. El incremento en volumen de corte es consecuencia de los ajustes de mejora del trazo antes explicado para mejorar la estabilidad y seguridad del proyecto.

### III. Cambio de ruta del km 91+320 al 104+650

Adicionalmente a todos los ajustes de mejora comentados se tomó la decisión de hacer una propuesta de cambio de ruta del km 91+320 al 104+650 con la finalidad de:

- Reducir las afectaciones sociales ambientales a la población de Llano Laguna
- Evitar la construcción en una zona de alto riesgo por ser una zona con fuerte pendiente transversal y barrancas altamente forestadas.
- Reducción de áreas a deforestar por requerimientos técnicos de puentes a 4 carriles.

Llano Laguna es un poblado que se ubica en una ladera de fuerte pendiente. El proyecto autorizado cruzaba por en medio del pueblo, del km 97+500 al km 98+000. El paso por este sitio estaba obligado por razones topográficas de la zona, la más abrupta de toda la ruta. Librarlo aguas arriba o aguas abajo implicaba desarrollos de 2 km adicionales en terrenos muy accidentados, casi acantilados.

El cambio de trazo evitó el paso sobre Llano Laguna, lo que permitió no dañar al poblado con la presencia de ruido, polvo, humos, afectación de viviendas y accidentes de tránsito durante la construcción como durante la operación de la carretera.

Como puede observarse en la carta topográfica de la Imagen II.15, el proyecto autorizado del km 91 al km 105 se iniciaba con un túnel de 290 m de longitud a 76 m bajo el parteaguas (km 91+500), en el que se ubica el camino de terracerías que une a los poblados Santo Domingo Tepuxtepec y Llano Crucero.

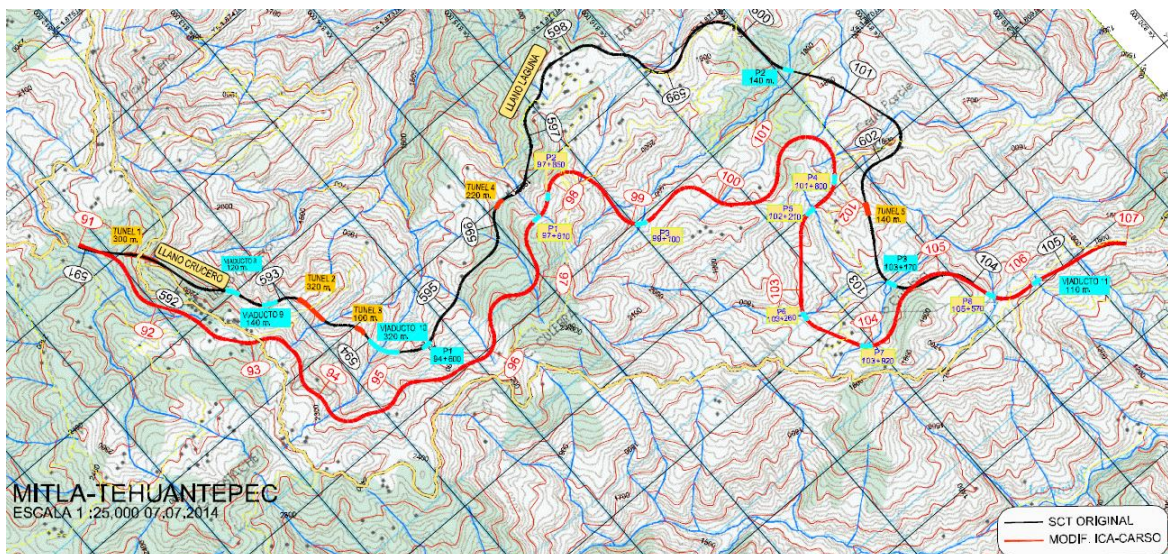


Imagen II.15

Carta Topográfica que muestra la ubicación de los túneles del proyecto autorizado entre el cadenamamiento del Km 91 al Km 104.

Después de este túnel, el trazo cruzaba, del km 91+320 al km 104+650, una sucesión de barrancas de más de 100 m de profundidad separadas por crestas de fuerte pendiente.

Al ubicar el trazo cerca del parteaguas desaparecieron las necesidades de túneles y viaductos, con lo que se evitó el desmonte de mayores áreas ya que cuando la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se planteó la construcción del tramo 2 solicitó en sus aspectos técnicos la conveniencia económica que los viaductos y puentes mayores en esta zona se construyesen a 4 carriles. Es el caso de los viaductos en los km 94+085 y km 103+149, los cuales, implicaban deforestar no sólo el derecho de vía adicional, sino también las áreas para construir los caminos de acceso a las pilas y a los portales, áreas que suelen magnificarse por el tamaño de los desniveles por resolver en las laderas de fuerte pendiente y el volumen de obra por ejecutar.

#### **IV. Disminución del número de túneles (derivado de los ajustes de mejora).**

El conjunto de ajustes de mejora mencionados, principalmente el cambio de ruta del km 91+320 al km 104+650 y movimiento del alineamiento vertical, eliminó la necesidad técnica- constructiva de 10 de los túneles del proyecto autorizado ya que por la zona donde se aloja el trazo modificado no se requiere resolver el mismo número de sitios con zonas de estabilidad de cortes muy altos, además, con las mejoras al alineamiento vertical (nivel de la rasante), se puede técnica y normativamente mantener la velocidad promedio requerida (90 km/hr).

Los 3 túneles que contempla el proyecto modificado que se presenta a evaluación se ubican en los km 101+980, km 142+000 y km 544+300, son túneles cortos, de 147 m, 110 m y 202 m, respectivamente. No están próximos a cañadas con vegetación abundante que pudiera afectarse con el camino de acceso, y permiten resolver estabilidad en cortes altos y conservar la velocidad de proyecto del subtramo, además de permitir el paso eventual de fauna.

Los 10 túneles del proyecto autorizado que se eliminaron en el proyecto actual tenían sus portales de acceso a media ladera, lo que demandaba desmontar un área importante para construir los caminos de acceso en zonas de mayor vegetación cercana de los escurrideros.

La reducción de 10 túneles provocó la disminución del uso de más 180 ton de explosivos requeridas para excavar los 246,296 m<sup>3</sup> que se contemplaban en el proyecto autorizado pasando a solo una excavación en túnel de 94.772 m<sup>3</sup>.

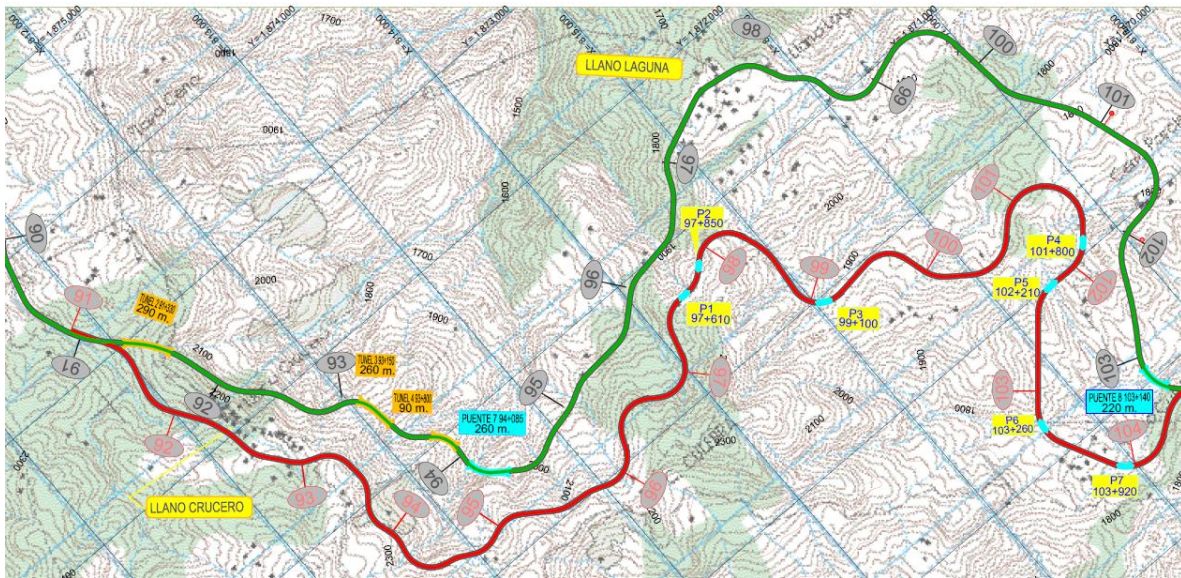
Otro aspecto importante a considerar es que los túneles requieren de un gasto significativo en iluminación las 24 horas durante su construcción y durante su operación. Los equipos con los que



se realiza la excavación conocidos como Jumbos no solo utilizan combustible, sino además requieren de energía eléctrica para su funcionamiento hidráulico.

La propuesta de los túneles del proyecto modificado no requiere de ventilación artificial, a diferencia del proyecto autorizado que contemplaba 3 túneles (mayores a 250 m) con este tipo de instalaciones se incrementaría significativamente el gasto energético y riesgos de operación, a diferencia de los túneles del proyecto modificado que por su longitud requieren un mínimo consumo de energía para su iluminación, y actualmente se estudia el que pueda darse con generadores solares y de viento combinados.

Es importante destacar que en el km 91+330 del proyecto autorizado se tenía un túnel con una longitud de 290 m, ubicado en la zona del poblado Llano Crucero. La excavación y operación de este túnel habrían causado molestias de ruido, contaminación del aire y vibración en las casas de esta población por el uso de los explosivos requeridos y el humo de los vehículos.



La reubicación del trazo evitó la afectación al poblado y las consecuentes inconformidades de los habitantes que podrían haber derivado en problemas sociales, técnicos y económicos mayores, dado que el paso por este lugar es por razones geográficas punto obligado en la ruta de la carretera.

Por todo lo anterior se considera que por razones técnicas, sociales, económicas y ambientales, la modificación del trazo del km 91+320 al km 104+650 es ampliamente justificable para lograr la construcción de la carretera.

La acción combinada de los ajustes, tiene la ventaja de generar un beneficio ambiental, ya que al reducir las áreas de talud expuesta en corte y los derrames excesivos de terraplén, se

está requiriendo de un área menor para el proyecto respecto de la presentada en el proyecto autorizado. En general, el proyecto modificado presentado es en su conjunto una solución racional, sencilla, segura, eficiente y además de económica y ecológicamente sustentable para el país.

## V. Incremento de estructuras (puentes y viaductos)

Se presentan mejoras técnicas y grandes beneficios ambientales en el diseño de las estructuras, debido a que el proyecto autorizado contemplaba la construcción de únicamente 28 puentes, mientras que el proyecto modificado desarrollado considera 54 puentes y 11 viaductos.

Los siguientes criterios de diseño contemplados para la ubicación de las estructuras originaron el incremento de 35 estructuras en el proyecto modificado:

- Necesidades de cruzar ríos evitando obstruir los cauces naturales ( aun siendo intermitentes en algunos casos)
- Salvar barrancas en las cuales los volúmenes de terraplenes resultarían excesivo, trayendo consecuencias como una mayor explotación de bancos de materiales y áreas vulnerables a la erosión.
- Evitar la deforestación de mayores áreas por grandes volúmenes de terraplenes
  - Alentar el cruce de la fauna de manera ajena a la interrupción ocasionada por la infraestructura.

Un ejemplo de la aplicación de los anteriores criterios se encuentra en el km 88+138 donde el proyecto autorizado consideraba la construcción de un terraplén y en el proyecto modificado se proyectó una estructura (Viaducto 5) ya que el área donde se desplantaría el terraplén es una ladera de fuerte pendiente transversal que producen derrames de consideración que pueden tender a ser inestables, vulnerables a la erosión y fuente de contaminación de corrientes ladera abajo (Imagen II.16 e Imagen II.17).

De haberse conservado el terraplén del km 88+138 se requerirían la liberación del derecho de vía y deforestación de 14,630 m<sup>2</sup> adicionales, tan solo para este terraplén.

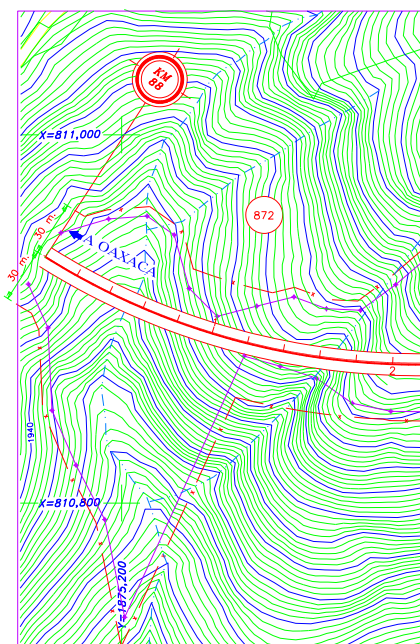


Imagen II.16

Planta del terraplén ubicado en el km 88+138 del Proyecto Autorizado.

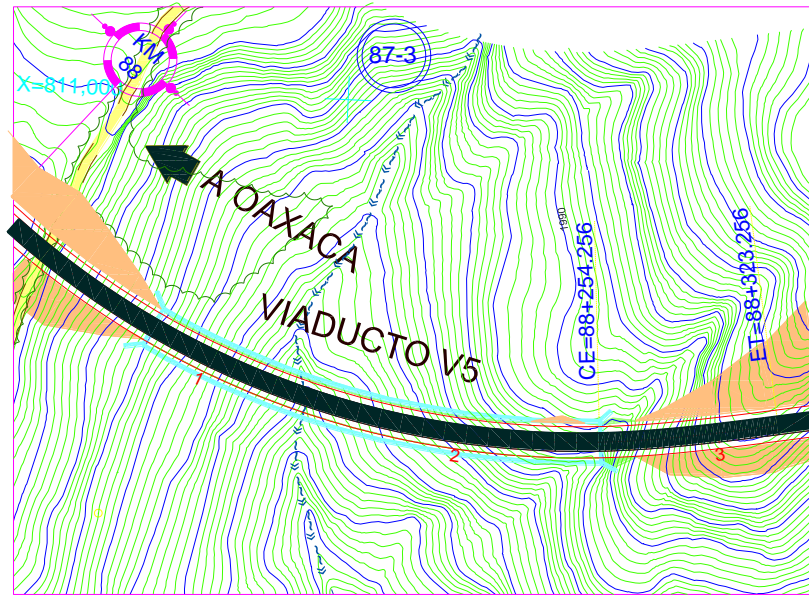


Imagen II.17 Planta del terraplén ubicado en el km 88+138 del Proyecto modificado.

Para reforzar el concepto de la reducción de áreas se consideró mayor utilización no solo de puentes sino también de muros de sostenimiento, según el caso, con lo que el proyecto constructivo requirió de un incremento de más de 2800 m de viaductos y puentes respecto al proyecto original, además del requerimiento de 153 muros de contención en el proyecto actual.

En cuanto a la concepción del proyecto estructural de cada uno de los 54 puentes y los 11 viaductos, se realizó el estudio topográfico que muestra detalladamente el área donde se ubicará cada estructura, y en el caso de puentes realizamos un estudio hidráulico – hidrológico, que además de contener el levantamiento topográfico detallado, establece los niveles y gastos de diseño, las longitudes mínimas de la estructura, así como el espacio libre vertical mínimo que deberá dejarse entre el nivel de aguas de diseño y el lecho inferior de la superestructura.

También se realizaron estudios de cimentación, iniciando con exploraciones profundas en campo. Con base en la exploración efectuada y los resultados de laboratorio, se elaboró un perfil estratigráfico del subsuelo indicando secuencia y descripción de los estratos detectados, con lo cual, se analizaron alternativas de cimentación adecuadas a las condiciones del sitio, capacidad de carga admisible, estabilidad, asentamientos y comportamiento de terraplenes de acceso.

Definidas las longitudes de la estructura como la cimentación más adecuada se elaboró el proyecto estructural, mediante la ejecución de la ingeniería de detalle necesaria para diseñar, geométrica y estructuralmente, todos los elementos de la estructura que integren su cimentación, subestructura y



superestructura; así como las obras secundarias que sean necesarias, tales como guarniciones, banquetas, parapetos, defensas, losas de acceso, aleros y terraplenes de acceso, etc.

Para el diseño estructural de los puentes se utilizaron los requerimientos técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes establecidos en Título de concesión y Contrato PPS de la obra, las especificaciones para puentes AASHTO, el Reglamento para construcciones de concreto reforzado; ACI-318-95 y los Manuales de Diseño de Obras Civiles de la CFE, edición 1996; Diseño por Viento y Sismo.

### **II.1.2.2 Justificación Ambiental**

El proyecto Mitla – Tehuantepec autorizado, tiene efectos técnico-constructivos y ambientales críticos, como la inestabilidad de los suelos, donde algunos se han visto reflejados en la construcción del tramo 1 y 3, por lo tanto, la Promovente consideró necesario el replanteamiento del trazo y ruta original del tramo 2 de la carretera Mitla – Tehuantepec y que por su ubicación dentro de la sierra alta y baja compleja ocasionaría mayores problemas constructivos y operativos.

Por ello, se realizaron cambios a la geometría del tramo 2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD, principalmente en ajustes necesarios por la topografía, que permitirán obtener una mayor estabilidad de los taludes para evitar accidentes futuros suscitados por desprendimientos de material del terreno hacia la superficie de rodamiento, esto se logra al considerar en el diseño una reducción del área de exposición del corte mediante la elevación del eje del trazo en conjunto con una disminución en la inclinación de los taludes en zonas de terreno inestable. También se busca que la circulación vehicular sea más segura, mediante la disminución en grados de curvas horizontales.

Otra de las modificaciones importantes al tramo 2, es el cambio de ruta del km 91+320 al km 104+650, donde se buscó elevar la rasante del eje, y con ello, minimizar las afectaciones estimadas por el movimiento de suelo, reflejándose en menor riesgo de inestabilidad de taludes al reducir la altura de los cortes originalmente proyectados, y por consiguiente se reducirán los impactos derivados del cambio de uso en suelos frágiles. Los terrenos sobre los que transcurre el cambio de ruta presentan mayor disturbio antropogénico debido a que el trazo pasa muy cerca del poblado Llano Crucero, el cual, en sus terrenos circundantes ha desarrollado agricultura y áreas para pastoreo.

Para los entronques Tepuxtepec (km 90+600) y Narro (km 126+640), el enfoque socio-ambiental es positivo, su construcción beneficiará centros poblacionales importantes como Santo Domingo Tepuxtepec que tiene la categoría de localidad urbana y Santo Domingo Narro; su construcción no deriva en incremento de impactos negativos, ya que algunos de los ejes de los entronques se construirán sobre los caminos de terracería existentes que cruzan el eje troncal del proyecto y la vegetación que resultara afectada es de tipo secundaria. Sin embargo, la construcción de los entronques Lachixila y Totolapilla, sumaran efectos ambientales negativos producidos por la pérdida de vegetación

nativa en estado primario, y lo más importante, es que a medio plazo, producirán nuevos impactos por la construcción de los caminos o carreteras que enlacen los pueblos que los solicitan con la carretera, induciendo con ello, al incremento de los impactos significativos que producirá la construcción del proyecto.

En cuestión de obras especiales, el trazo autorizado contaba con únicamente 28 puentes que resultan insuficientes para drenar la hidrología superficial que cruza el trazo, por lo que se incrementaron las estructuras de puentes y viaductos que hacían falta y que son necesarios para mantener la continuidad de los escurrimientos hidrológicos que cruzan el eje. Ambientalmente este incremento de estructuras tendrá efectos negativos y positivos, por una parte durante la construcción se producirán efectos negativos derivados de la afectación de vegetación riparia y de la construcción de la infraestructura, sin embargo, esto también se produciría si se rellenara la cañada que es lo que se proponía en el proyecto autorizado. El mayor efecto positivo que producirán, será al darle continuidad a un mayor número de probables rutas de desplazamiento de fauna, que se tienen identificadas sobre el trazo del eje troncal (ver Capítulo IV, apartado fauna); y que el trazo original interrumpía al no considerar algún tipo de estructura, esto sustentado en el hecho de que la longitud sumada de los 54 puentes y 11 viaductos (6.49 km) es mayor, comparada con la de los 28 puentes (3.73 km) del trazo autorizado del tramo 2, siendo casi el doble, lo que da mayor probabilidad de permitir la continuidad de la movilidad de especies de fauna (mamíferos) al poder funcionar estas estructuras como pasos de fauna.

En cuanto a los 28 puentes que se consideraron en el trazo autorizado, siguen coincidiendo 21 estructuras en el trazo del tramo 2, a los cuales, se les realizaron cambios de diseño, y a algunos al elevar el eje del trazo se redujo la longitud de los puentes al situarse en las partes iniciales y más angostas de los barrancos que cruzan, lo que deriva en menores superficies de afectación al requerirse menos apoyos centrales.

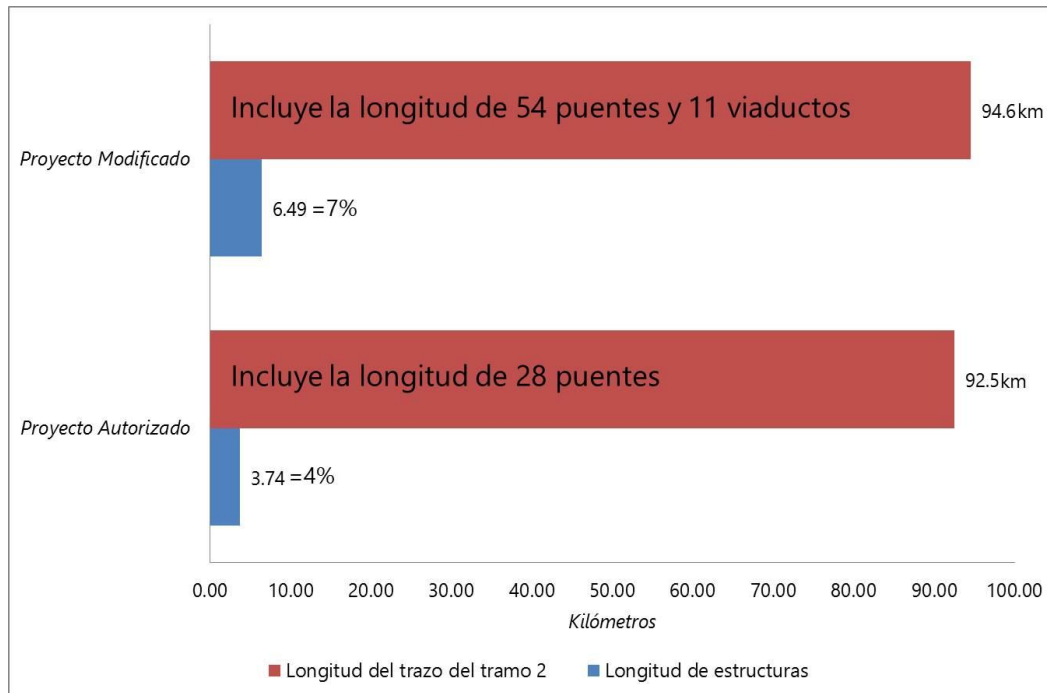


Gráfico II.2 Comparativa de longitud de puentes del proyecto autorizado contra la longitud de los puentes y viaductos del proyecto modificado que reducirán la interrupción de patrones de drenaje.

Otro aspecto ambiental relevante es el producido por la eliminación de 10 de los 13 túneles autorizados, por lo que en el resolutivo emitido a la información de modificación del proyecto con número de oficio SGPA/DGIRA/DG/00897 de fecha 07 de Febrero de 2013, Considerando 4, inciso a), se estableció que:

*La zona del proyecto donde se pretende llevar a cabo las modificaciones, se inserta en un área de sierras que presenta un alto grado de conservación en cuanto a componentes ambientales, razón por la cual el proyecto consideró en un inicio la construcción de 13 túneles para preservar los ecosistemas y minimizar los posibles impactos ambientales derivados de las actividades de desmonte, y de esta manera contribuir al incremento de la fragmentación de los ecosistemas presentes en la zona; así como reducir los efectos sobre suelo, topografía, hábitat, patrones de drenaje y especies en estatus de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por lo anterior, se consideraba factible la inclusión de los 13 túneles para autorizar de manera condicionada el desarrollo del proyecto, dado que con ellos se disminuía la superficie de cambio de uso de suelo de áreas forestales, lo que conlleva a conservar los procesos ecológicos, tales como: ciclos biogeoquímicos, flujo de energía, calidad paisajística y dinámica de las comunidades faunísticas que se realizan en dichas zonas y con ello no interferir en la comunicación que existe entre lo componentes ambientales que ahí prevalecen.....*

Sin embargo, resultado de un análisis comparativo de los cambios al proyecto se presenta lo siguiente:

### Túnel 1 (del Trazo Autorizado MIA-R 2003)

**USUEV:** Bosque de encino-pino en estado de conservación secundario (INEGI, 2005).

**Diagnóstico del USUEV:** Se observa fragmentación y discontinuidad en la cobertura vegetal por la presencia de caminos y brechas que dirigen a la localidad de Santo Domingo Tepuxtepec que se encuentra a 3.65 km al este. En las orillas de los caminos se presenta un efecto borde y la apertura de

claros que han sido colonizados por especies de tendencia malezoide (*Wigandia urens*, *Lantana camara* y *Ricinus comunis*) además se ha favorecido la extracción de encinos para carbón y resina en algunas especies de pinos, creando el efecto de pinarización consolidado por las quemas y programas gubernamentales de reforestación. En sitios de la cañada baja (230 m del inicio del túnel) se presentan zonas de cultivo de maíz (*Zea mays*).

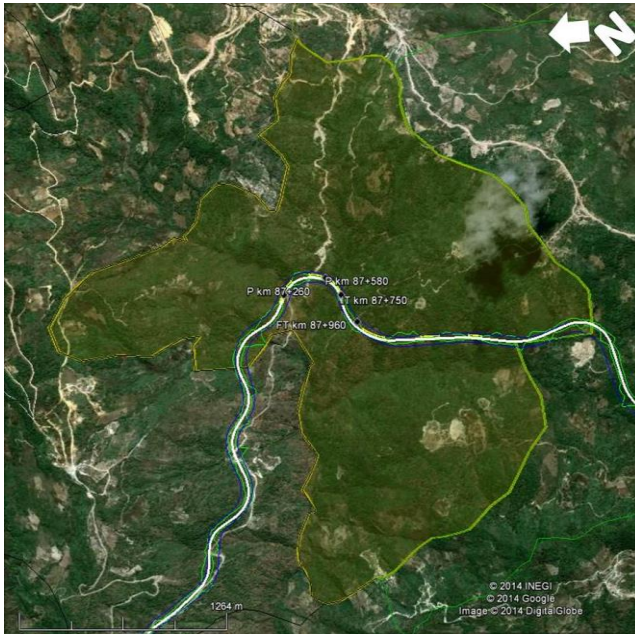


Imagen II.18 Google Earth 2014. Unidad de Bosque de encino - pino donde se ubica el túnel 1 del tramo 2 del proyecto autorizado.

**Estructuras:** Para este subtramo de 2373 m de longitud (que atraviesa la unidad de Bosque de encino-pino) se tenían únicamente 3 obras, correspondían a 2 puentes y un túnel, en conjunto suman una longitud de 560 m. Con la modificación al proyecto se propone la construcción de 5 viaductos que suman una longitud de 781.56 m, generándose un incremento de 221.56 m que libran cañadas y escurrimientos. Los viaductos V3 y V4, se presentaron como puentes en el proyecto autorizado, sin embargo, con la modificación cambian a viaductos y se aumenta su longitud en 30 m aproximadamente. La importancia positiva ambiental se da en el viaducto V5 y V7, los cuales, coinciden con los corredores de fauna No. 20 y 21 (CF 20 y CF 21) que se obtuvo de los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 (en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutive S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03). Por lo tanto, ambientalmente se espera que la construcción de los viaductos reduzca mayormente la perturbación a la movilidad de la fauna y mantenga las dinámicas de los escurrimientos superficiales.

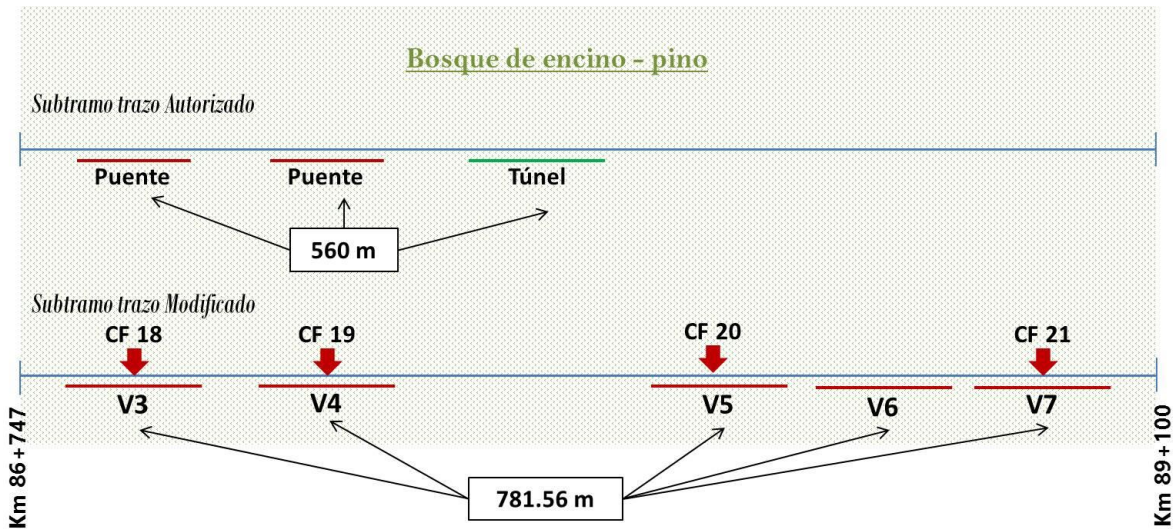


Imagen II.19 Representación fuera de escala de la distribución de estructuras del proyecto autorizado comparado con la modificación 8 subtramo km 86+747 al km 89+100).

Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutive S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
18	Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ).
19	Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> )
20	Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ).
21	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Zorrillo ( <i>Conepatus sp.</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), <b>Culebra ojo de gato bandada (<i>Leptodeira annulata<sup>Pr</sup></i>)</b> , <b>Anolis tehuano (<i>Anolis isthmicus<sup>Pr</sup></i>)</b> , Lagartija espinosa ventriosada ( <i>Sceloporus variabilis</i> ), Salamandrina de vientre amarillo ( <i>Phyllodactylus tuberculatus</i> ), Lagartija escamosa cola larga ( <i>Sceloporus siniferus</i> ).

Dónde: P: Peligro de Extinción, Pr: Sujeta a Protección Especial, A: Amenazada, esto de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### Túnel 2, 3 y 4 (del Trazo Autorizado MIA-R 2003)

Los siguientes 3 túneles se ubican en el subtramo para el cual se cambió la ruta.



**USUEV túnel 2:** Bosque de encino-pino en estado de conservación secundario (INEGI, 2005).

**Diagnóstico del USUEV:** La principal causa de perturbación de esta unidad de vegetación se debe a los cambios de uso de suelo que ha ocasionado la población Llano Crucero; se observa como el túnel autorizado serviría para librar el camino de terracería que comunica con Santo Domingo Tepuxtepec, su ubicación se proyectó porque era necesario empezar a bajar la rasante del trazo autorizado, sin embargo, esta estructura no tenía fines de conservar los procesos ecológicos.



Image Earth 2014. Unidad de Bosque de encino - pino donde se ubica el túnel 2 del tramo 2 del proyecto autorizado.

**USUEV túnel 3 y 4:** Bosque de pino-encino en estado de conservación secundario (INEGI, 2005).

**Diagnóstico del USUEV:** La vegetación nativa presenta terrenos desmontados derivados de cambios de uso de suelo para utilizarlos en agricultura. Al inicio del túnel 3 (km 93+150 al km 93+420) hacia el este a 100 m aproximadamente se encuentra una zona donde la cubierta vegetal ha sido sustituida para el cultivo de maíz (*Zea mays*) alternada con agaves (*Agave angustifolia*), mientras a 365 m al sureste se presentan construcciones, por lo que no hay continuidad de la cubierta vegetal de bosque de pino-encino en sucesión secundaria, se preservan principalmente árboles del género *Pinus spp.* De igual forma se observa este fenómeno al inicio del túnel 4 (km 93+800 al km 93+890), donde se presentan terrenos desmontados para su uso agrícola y una sucesión de brechas y caminos, presentando el mismo tipo de vegetación en la sucesión mencionada. El objetivo que tenían estos 2 túneles en este subtramo era que la rasante del proyecto cruzara 2 montañas con alturas 2118 msnm y 2041 msnm.



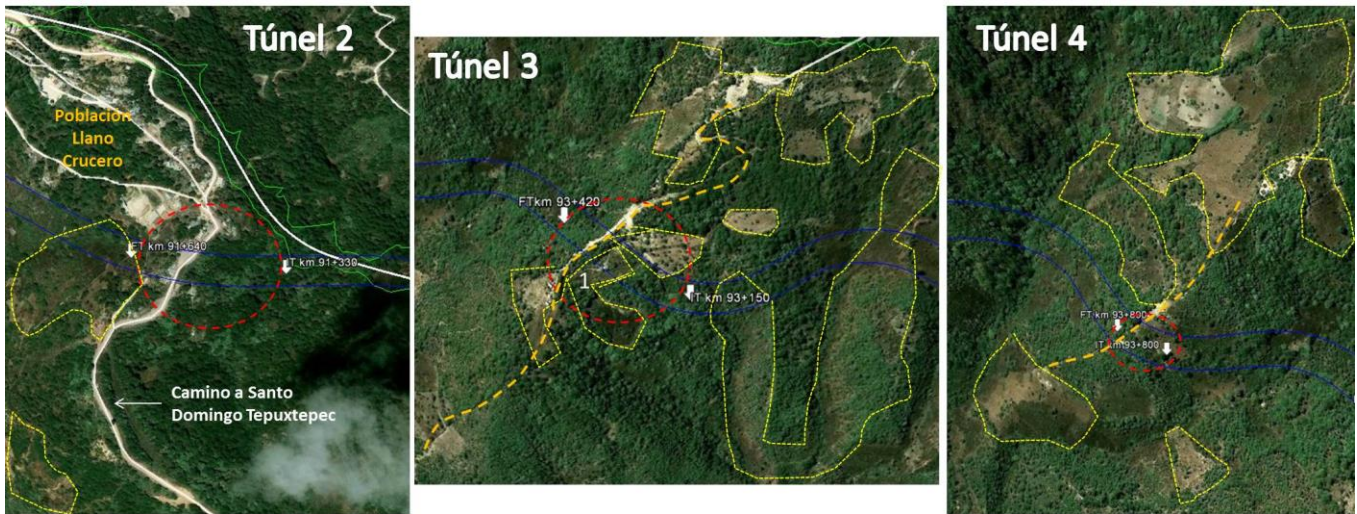


Imagen II.21 Imágenes de Google Earth 2014. En los círculos color rojo se presentan los sitios que cruzarían los túneles 2, 3 y 4 del proyecto autorizado. Se muestran los sitios que han sido desmontados para emplearse en agricultura, así como las brechas y el camino de Llano Crucero – Santo Domingo Tepuxtepec que pasa por encima del túnel 2.

**Estructuras:** como se mencionó anteriormente el subtramo en el que se ubican los túneles 2, 3 y 4 (autorizados en 2003) es para el que se realizó el cambio de ruta. La proyección de los túneles se sustenta en la necesidad de atravesar las montañas de mayor altura por las que cruzaba el eje autorizado, sin embargo, el trazo modificado mantiene una mayor elevación al transcurrir sobre las partes más altas de las montañas, por lo que se eliminó esta necesidad técnico-constructiva, dejando únicamente un túnel en el subtramo de cambio de ruta, también se proyectaron una mayor cantidad de puentes hacia el final de este subtramo, como se puede observar en Imagen II.22. En cuanto a los túneles 2, 3 y 4 (autorizados), se considera que las condiciones naturales de la superficie no son las más óptimas para funcionar como pasos de fauna o para mantener los procesos ecológicos y el paisaje, pues sobre ellos se encuentran caminos, brechas y terrenos desmontados que han alterado las condiciones naturales de los sitios (Imagen II.21).

En cuanto al subtramo de cambio de ruta del proyecto modificado tiene contemplado un mayor número de puentes, que si bien presentan en su conjunto una menor longitud, su distribución dentro del subtramo servirá para mantener algunos de los corredores de fauna identificados en los resultados de los monitoreos.

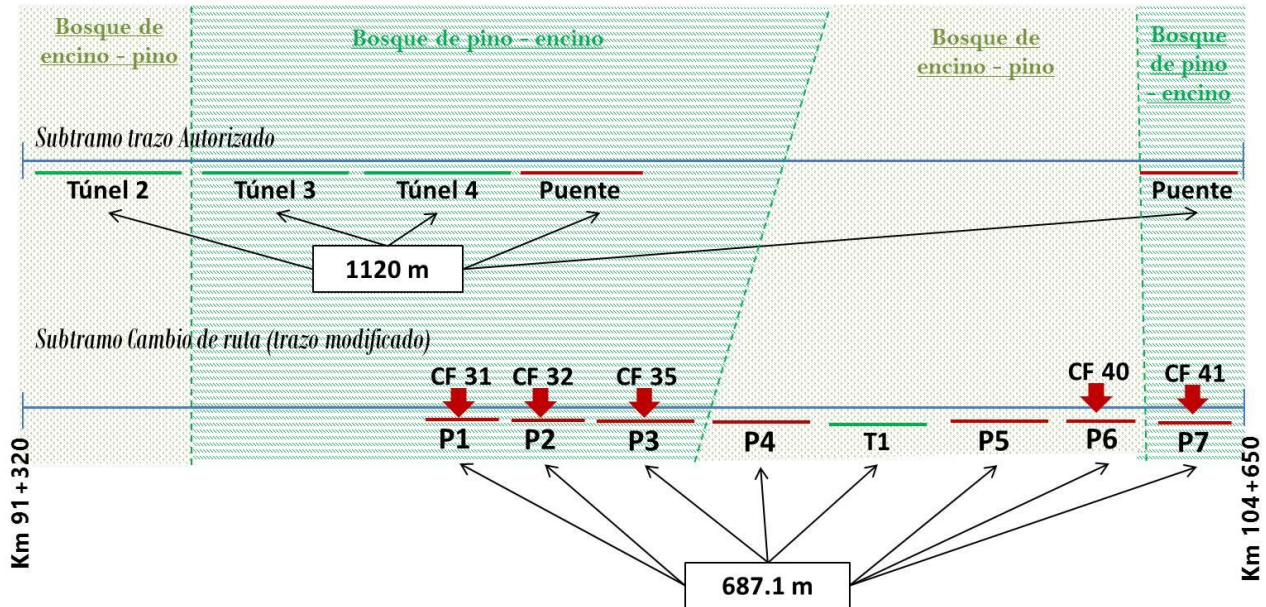


Imagen II.22

Representación fuera de escala de la distribución de estructuras del proyecto autorizado comparado con la modificación (subtramo km 91+320 al km 104+650).

Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
31	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Armadillo ( <i>Dasyus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ).
32	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Armadillo ( <i>Dasyus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ), <b>Lagarto escorpión texano (<i>Guerronotus liocephalus</i> Pr).</b>
35	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Mazacuata de tierra fría ( <i>Pituophis lineaticollis</i> ), <b>Serpiente de cascabel centroamericana (<i>Crotalus culminatus</i> Pr).</b>
40	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Tuza ( <i>Orthogeomys sp.</i> ), Armadillo ( <i>Dasyus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ), <b>Camaleón de cola corta (<i>Phrynosoma braconnieri</i> Pr).</b> , Lagartija escamosa cola larga ( <i>Sceloporus siniferus</i> ).
41	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Tuza ( <i>Orthogeomys sp.</i> ), Armadillo ( <i>Dasyus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ), <b>Camaleón de cola corta (<i>Phrynosoma braconnieri</i> Pr).</b> , Lagartija escamosa cola larga ( <i>Sceloporus siniferus</i> ).

Dónde: P: Peligro de Extinción, Pr: Sujeta a Protección Especial, A: Amenazada, esto de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### Túnel 5, 6, 7, 8 y 9 (del Trazo Autorizado MIA-R 2003)

**USUEV:** Estos 5 túneles están agrupados en una zona de transición entre bosque de pino-encino y selva baja caducifolia en estado de sucesión secundaria.



**Diagnóstico del USUEV:** Las 2 unidades de vegetación sobre las que transcurre este subtramo de 9km de longitud presentan una cobertura discontinua debido a cambios de uso de suelo para terrenos agrícolas, sin embargo, aún tienen la función de hábitat de fauna. Los túneles del proyecto autorizado probablemente podrían haber sido aptos para conservar los procesos ecológicos, sin embargo, al elevar la rasante del eje se dejan de considerar necesarios y por cuestiones presupuestales la eliminación de estos 5 túneles permitirá que se construyan más estructuras donde no existen y son necesarias, como se muestra en la siguiente unidad de vegetación (Imagen II.23).

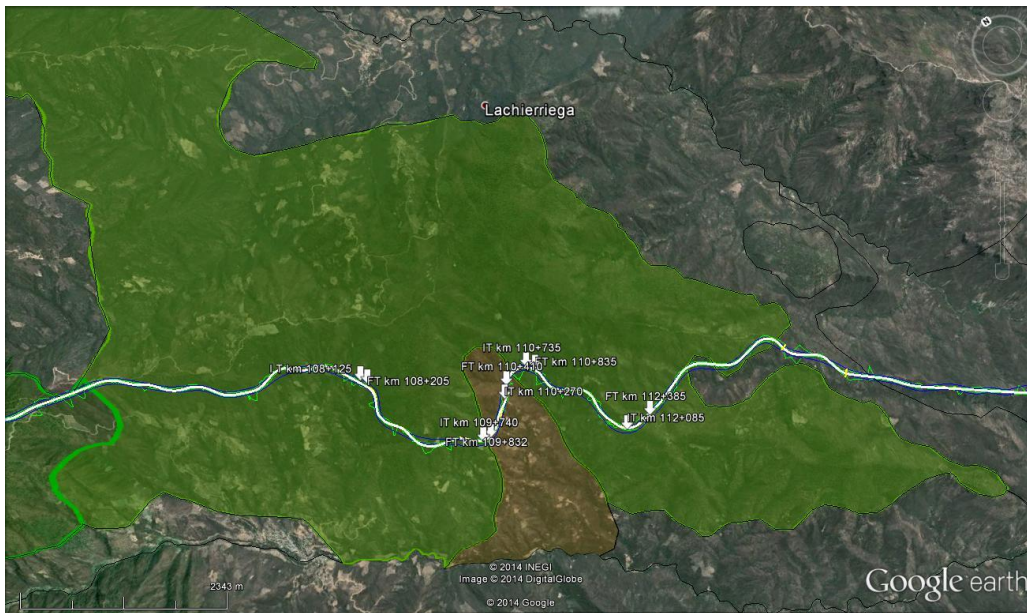


Imagen II.23 Google Earth 2014. Unidad de Transición de Bosque de pino – encino y Selva Baja Caducifolia donde se ubican los túneles 5, 6, 7, 8 y 9 del tramo 2 del proyecto autorizado.

**Estructuras:** en este aspecto el subtramo autorizado presentaba más estructuras, con la modificación se reducen en número, pero la redistribución de los puentes en este subtramo favorece los corredores de fauna identificados.

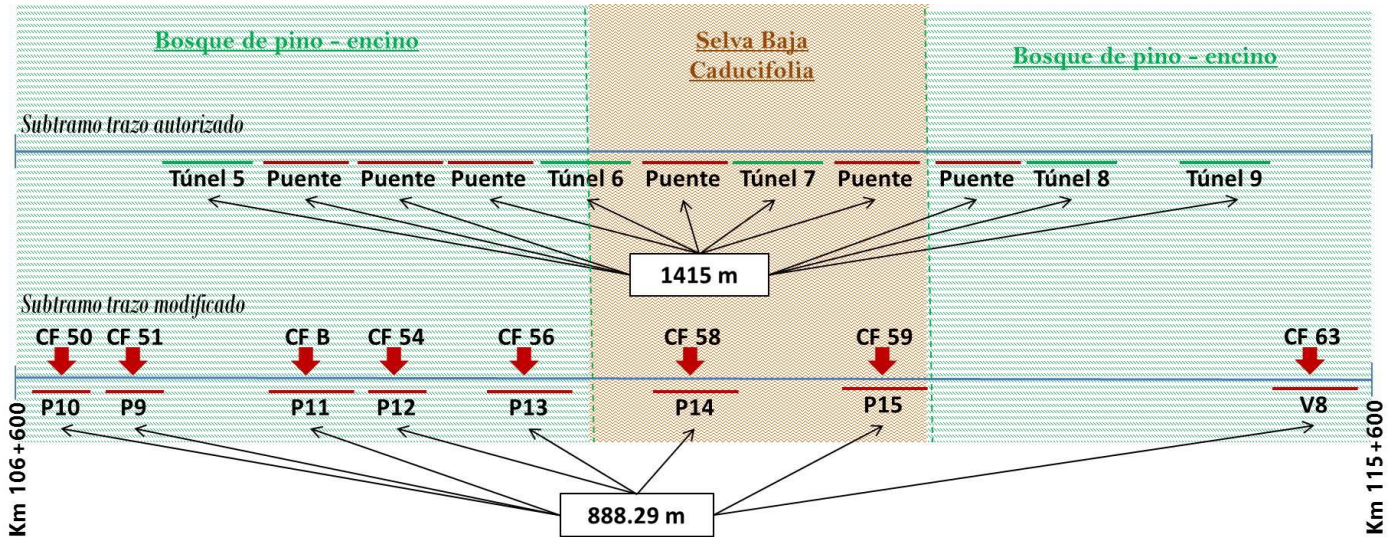


Imagen II.24

Representación fuera de escala de la distribución de estructuras del proyecto autorizado comparado con la modificación (subtramo km 106+600 al km 115+600).

Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
50	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis virginiana</i> ), Armadillo ( <i>Dasyurus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ), Mabuya ( <i>Mabuya brachypoda</i> ), Lagartija escamosa cola larga ( <i>Sceloporus siniferus</i> ).
51	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis virginiana</i> ), Armadillo ( <i>Dasyurus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ), Esquinco espalda dorada ( <i>Mabuya unimarginata</i> ), Lagartija escamosa cola larga ( <i>Sceloporus siniferus</i> ).
B	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Gato montés ( <i>Lynx rufus</i> ), Pecarí de collar ( <i>Pecari tajacu</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Armadillo ( <i>Dasyurus novemcinctus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Cacomixtle norteño ( <i>Bassariscus astutus</i> ), Ardilla gris ( <i>Sciurus aureogaster</i> ), Lagartija escamosa cola larga ( <i>Sceloporus siniferus</i> ).
54	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Temazate rojo ( <i>Mazama temama</i> ), Gato montés ( <i>Lynx rufus</i> ), Pecarí de collar ( <i>Pecari tajacu</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Cacomixtle norteño ( <i>Bassariscus astutus</i> ), Arrollera de cola negra ( <i>Drymarchon melanurus</i> ).
56	Temazate rojo ( <i>Mazama temama</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ).
58	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Temazate rojo ( <i>Mazama temama</i> ), Gato montés ( <i>Lynx rufus</i> ), Pecarí de collar ( <i>Pecari tajacu</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ), Cacomixtle norteño ( <i>Bassariscus astutus</i> ).
59	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ).
63	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Coatí ( <i>Nasua</i>



<b>Corredor de Fauna (CF)</b>	<b>Especie registradas</b> (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutive S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
	<i>narica</i> ), Ardilla ( <i>Sciurus sp.</i> ).

Dónde: **P**: Peligro de Extinción, **Pr**: Sujeta a Protección Especial, **A**: Amenazada, esto de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### Túnel 10 (del Trazo Autorizado MIA-R 2003)

**USUEV:** El siguiente túnel se ubica sobre una unidad de vegetación de selva baja caducifolia, en estado de conservación secundario y con estrato arbustivo predominante.

**Diagnóstico del USUEV:** Presenta poco disturbio antropogénico, conservando en su mayoría la vegetación nativa.



Imagen II.25 Google Earth 2014. Unidad de Selva Baja Caducifolia donde se ubica el túnel 10 del tramo 2 del proyecto autorizado.

**Estructuras:** Para este subtramo se tenían un túnel y 3 puentes, que en conjunto sumaban una longitud de 720 m, libres de obras permanentes que podrían funcionar como espacios que conectaran los procesos ecológicos. Con la modificación al proyecto, en este subtramo se proyectaron 4 puentes unos metros antes del túnel eliminado y los otros 3 puentes se mantuvieron y se amplió su longitud. Estos cambios aumentaron la longitud a 1069.45 m de espacios libres para conservar las dinámicas de movilidad de la fauna y el flujo escurrimientos.

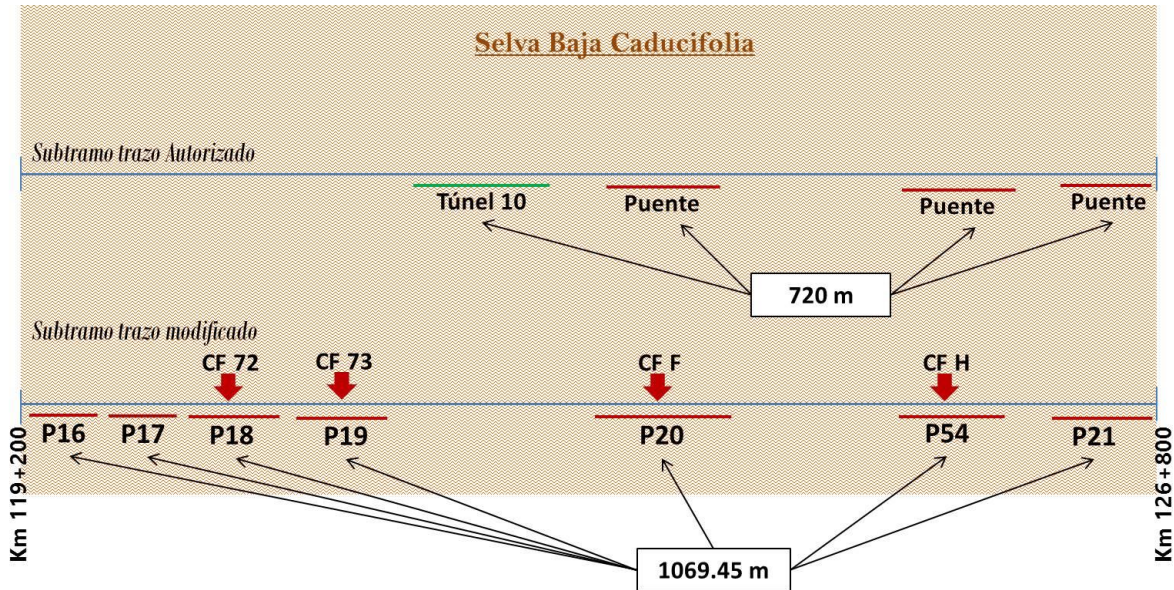


Imagen II.26 Representación fuera de escala de la distribución de estructuras del proyecto autorizado comparado con la modificación (subtramo km 119+200 al km 126+800).

Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutive S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
72	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ).
73	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ).
F	Gato montés ( <i>Lynx rufus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Comadreja ( <i>Mustela frenata</i> ), Iguana negra ( <i>Ctenosaura pectinata</i> <sup>A</sup> ), Iguana de cola espinosa oaxaqueña ( <i>Ctenosaura oaxacana</i> <sup>A</sup> ), Tortuga de pecho quebrado ( <i>Kinosternon leucostomum</i> <sup>Pr</sup> ), Anolis tehuano ( <i>Anolis isthmicus</i> <sup>Pr</sup> ).
H	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Jaguarundi ( <i>Herpailurus yagouaroundi</i> <sup>A</sup> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Comadreja ( <i>Mustela frenata</i> ), Lagartija escamosa ( <i>Sceloporus smithi</i> ).

Dónde: P: Peligro de Extinción, Pr: Sujeta a Protección Especial, A: Amenazada, esto de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.



### **Túneles 11, 12 y 13 (del Trazo Autorizado MIA-R 2003)**

Los últimos 3 túneles, se ubican en el subtramo paralelo al río Tehuantepec.

**USUEV:** La unidad de vegetación sobre la que se ubican los 3 túneles es de Selva Baja Caducifolia en estado de conservación primario, es muy extensa (desde Santo Domingo Narro hasta el final del trazo) y de difícil accesibilidad por el relieve accidentado, por lo que se ha mantenido casi intacta esta comunidad vegetal, las principales especies representadas son las familias: Fabaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Cactaceae, Malphigiaceae y Anacardiaceae, en zonas cercanas de aluvión y pendiente ligera se presentan selvas espinosas en asociaciones arbustivas.

**Diagnóstico del USUEV:** Esta unidad de vegetación es la zona de mayor conservación del proyecto.

**Estructuras:** En este aspecto, en este subtramo que es el más importante ecológicamente es donde se compensa mediante la adición de estructuras que no estaban contempladas en el proyecto autorizado pero que son necesarias para mantener los procesos ecológicos de los escurrimientos que descargan hacia el río Tehuantepec.

El incremento es de 12 puentes en el subtramo del km 128+000 al km 165+000 del trazo autorizado a 31 puentes y 2 viaductos en el subtramo del trazo modificado, lo que implica un incremento de 21 estructuras hidráulicas que permitirán el libre flujo de la hidrología así como la movilidad de la fauna, al considerarse obras que pueden funcionar como pasos de fauna.

En cuanto a los túneles, se conservan 2 de los 3 que se tenían proyectados para este subtramo, el túnel que se eliminó fue por aspectos técnico – constructivos, estaba ubicado en un sitio con vegetación conservada, sin embargo, por la pendiente del terreno se considera que tiene menor potencial de paso de fauna comparado con una cañada que conduzca al río Tehuantepec.



Imagen II.27 Google Earth 2014. Unidad de Selva Baja Caducifolia donde se ubican los túneles 11, 12 y 13 del tramo 2 del proyecto autorizado.

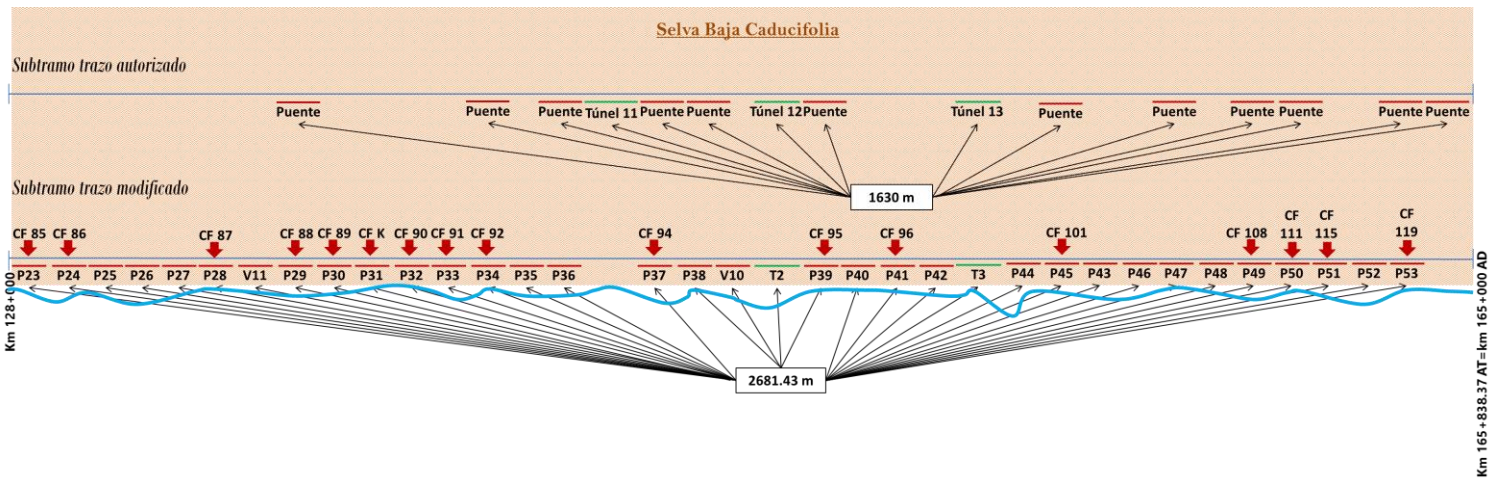


Imagen II.28 Representación fuera de escala de la distribución de estructuras del proyecto autorizado comparado con la modificación (subtramo km 128+000 al km 165+838.37 AT = 165+000 AD).

Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
85	<b>Jaguar (<i>Panthera onca</i><sup>®</sup>)</b> , Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), <b>Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i><sup>®</sup>)</b> , <b>Nutria neotropical de río (<i>Lontra longicaudis</i><sup>^</sup>)</b> , Pecari de collar ( <i>Pecari tajacu</i> ), <b>Tayra (<i>Eira barbara</i><sup>®</sup>)</b> , Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Armadillo ( <i>Dasypus novemcinctus</i> ), Comadreja ( <i>Mustela frenata</i> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Ardilla gris ( <i>Sciurus aureaogaster</i> ), Ranera ( <i>Leptodeira nigrofasciata</i> ), Culebra ( <i>Sternorhina freminvillei</i> ).
86	<b>Jaguar (<i>Panthera onca</i><sup>®</sup>)</b> , Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), <b>Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i><sup>®</sup>)</b> , <b>Nutria neotropical de río (<i>Lontra longicaudis</i><sup>^</sup>)</b> , <b>Tayra (<i>Eira barbara</i><sup>®</sup>)</b> , Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Comadreja ( <i>Mustela frenata</i> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Ardilla gris ( <i>Sciurus aureaogaster</i> ), Ranera ( <i>Leptodeira nigrofasciata</i> ), Culebra ( <i>Sternorhina freminvillei</i> ), <b>Iguana negra (<i>Ctenosaura pectinata</i><sup>^</sup>)</b> .
87	<b>Jaguar (<i>Panthera onca</i><sup>®</sup>)</b> , Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), <b>Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i><sup>®</sup>)</b> , <b>Nutria neotropical de río (<i>Lontra longicaudis</i><sup>^</sup>)</b> , <b>Tlalcoyote (<i>Taxidea taxus</i><sup>^</sup>)</b> , <b>Tayra (<i>Eira barbara</i><sup>®</sup>)</b> , Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Ardilla gris ( <i>Sciurus aureaogaster</i> ).
88	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), <b>Tlalcoyote (<i>Taxidea taxus</i><sup>^</sup>)</b> .
89	<b>Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i><sup>®</sup>)</b> , Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), <b>Oso hormiguero (<i>Tamandua mexicana</i><sup>®</sup>)</b> , Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), <b>Tayra (<i>Eira barbara</i><sup>®</sup>)</b> , <b>Nutria neotropical de río (<i>Lontra longicaudis</i><sup>^</sup>)</b> , Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Zorrillo rayado ( <i>Mephitis macroura</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ).
K	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), <b>Oso hormiguero (<i>Tamandua mexicana</i><sup>®</sup>)</b> , <b>Nutria neotropical de río (<i>Lontra longicaudis</i><sup>^</sup>)</b> , Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ).
90	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), <b>Nutria neotropical de río (<i>Lontra longicaudis</i><sup>^</sup>)</b> , <b>Jaguarundi (<i>Herpailurus yagouaroundi</i><sup>^</sup>)</b> , <b>Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i><sup>®</sup>)</b> , <b>Oso hormiguero (<i>Tamandua mexicana</i><sup>®</sup>)</b> , Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ),

Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
	Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ).
91	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Nutria neotropical de río ( <b><i>Lontra longicaudis</i><sup>A</sup></b> ), Jaguarundi ( <b><i>Herpailurus yagouaroundi</i><sup>A</sup></b> ), Ocelote ( <b><i>Leopardus pardalis</i><sup>P</sup></b> ), Oso hormiguero ( <b><i>Tamandua mexicana</i><sup>P</sup></b> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leuconotus</i> ).
92	Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Ocelote ( <b><i>Leopardus pardalis</i><sup>P</sup></b> ), Tigrillo ( <b><i>Leopardus wiedii</i><sup>P</sup></b> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Oso hormiguero ( <b><i>Tamandua mexicana</i><sup>P</sup></b> ), Nutria neotropical de río ( <b><i>Lontra longicaudis</i><sup>A</sup></b> ), Tayra ( <b><i>Eira barbara</i><sup>P</sup></b> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leuconotus</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Armadillo ( <i>Dasypus novemcinctus</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Iguana negra ( <b><i>Ctenosaura pectinata</i><sup>A</sup></b> ).
94	Jaguar ( <b><i>Panthera onca</i><sup>P</sup></b> ), Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Tigrillo ( <b><i>Leopardus wiedii</i><sup>P</sup></b> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Pecarí de collar (Pecari tajacu), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Nutria neotropical de río ( <b><i>Lontra longicaudis</i><sup>A</sup></b> ), Tayra ( <b><i>Eira barbara</i><sup>P</sup></b> ), Zorrillo manchado sureño ( <i>Spilogale angustifrons</i> ), Cacomixtle norteño ( <i>Bassariscus astutus</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Iguana de cola espinosa oaxaqueña ( <b><i>Ctenosaura oaxacana</i><sup>A</sup></b> ).
95	Jaguar ( <b><i>Panthera onca</i><sup>P</sup></b> ), Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Tigrillo ( <b><i>Leopardus wiedii</i><sup>P</sup></b> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Pecarí de collar (Pecari tajacu), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Zorrillo de espalda blanca ( <i>Conepatus leucotonus</i> ), Nutria neotropical de río ( <b><i>Lontra longicaudis</i><sup>A</sup></b> ), Tayra ( <b><i>Eira barbara</i><sup>P</sup></b> ), Zorrillo manchado sureño ( <i>Spilogale angustifrons</i> ), Cacomixtle norteño ( <i>Bassariscus astutus</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis sp.</i> ), Iguana de cola espinosa oaxaqueña ( <b><i>Ctenosaura oaxacana</i><sup>A</sup></b> ).
96	Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Ocelote ( <b><i>Leopardus pardalis</i><sup>P</sup></b> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Temazate rojo ( <i>Mazama temama</i> ), Pecarí de collar (Pecari tajacu), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Oso hormiguero ( <b><i>Tamandua mexicana</i><sup>P</sup></b> ), Nutria neotropical de río ( <b><i>Lontra longicaudis</i><sup>A</sup></b> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ).
101	Ocelote ( <b><i>Leopardus pardalis</i><sup>P</sup></b> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Temazate rojo ( <i>Mazama temama</i> ), Pecarí de collar (Pecari tajacu), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Oso hormiguero ( <b><i>Tamandua</i></b>



Corredor de Fauna (CF)	Especie registradas (en los monitoreos realizados a la fauna de marzo de 2013 a marzo 2014 en cumplimiento de la Condicionante 24 del resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03).
	<i>mexicana</i> <sup>P</sup> ), Nutria neotropical de río ( <i>Lontra longicaudis</i> <sup>A</sup> ), Zorrillo ( <i>Conepatus sp.</i> ), Conejo ( <i>Sylvilagus sp.</i> ).
108	Puma ( <i>Puma concolor</i> ), Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Pecarí de collar ( <i>Pecari tajacu</i> ), Coyote ( <i>Canis latrans</i> ), Nutria neotropical de río ( <i>Lontra longicaudis</i> <sup>A</sup> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Cacomixtle nortehño ( <i>Bassariscus astutus</i> ).
111	Venado cola blanca ( <i>Odocoileus virginianus</i> ), Pecarí de collar ( <i>Pecari tajacu</i> ), Zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ), Nutria neotropical de río ( <i>Lontra longicaudis</i> <sup>A</sup> ), Tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ), Coatí ( <i>Nasua narica</i> ), Guaqueque ( <i>Dasyprocta mexicana</i> ), Mapache ( <i>Procyon lotor</i> ), Tlacuache común ( <i>Didelphis virginiana</i> ).
115	Nutria neotropical de río ( <i>Lontra longicaudis</i> <sup>A</sup> ).
119	Nutria neotropical de río ( <i>Lontra longicaudis</i> <sup>A</sup> ).

Dónde: P: Peligro de Extinción, Pr: Sujeta a Protección Especial, A: Amenazada, esto de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Considerando la longitud del tramo 2 y el incremento de las estructuras, en la siguiente tabla se hizo el análisis comparativo de las longitudes de las estructuras del proyecto autorizado y del modificado, a fin de obtener un número global que permita visualizar el beneficio ambiental que trae consigo el incremento de estructuras.

Longitudes de las estructuras del proyecto autorizado		Longitudes de las estructuras del proyecto modificado	
28 Puentes	3.74 km	54 Puentes y 11 viaductos	6.49 km
13 Túneles	2.17 km	3 Túneles	0.46 km
<b>Total</b>	<b>5.91 km</b>	<b>Total</b>	<b>6.95 km</b>

Como se observa en ambas tablas, las estructuras del proyecto modificado generan una mayor longitud de espacios a lo largo del trazo, lo que implica una reducción de la fragmentación que ocasionará la construcción de la carretera. Se espera mantener y dar continuidad a un mayor número de patrones de drenaje y con ello, generar mayores pasos de fauna a lo largo de la carretera. Como se presentó anteriormente, la parte más importante ecológicamente es la paralela al río Tehuantepec, en este subtramo el incremento de estructuras es más significativo que en el resto del tramo 2, los efectos negativos de la construcción de más puentes serán temporales, y a largo plazo se espera que estos traigan mayores beneficios a la conservación de los procesos ecológicos.

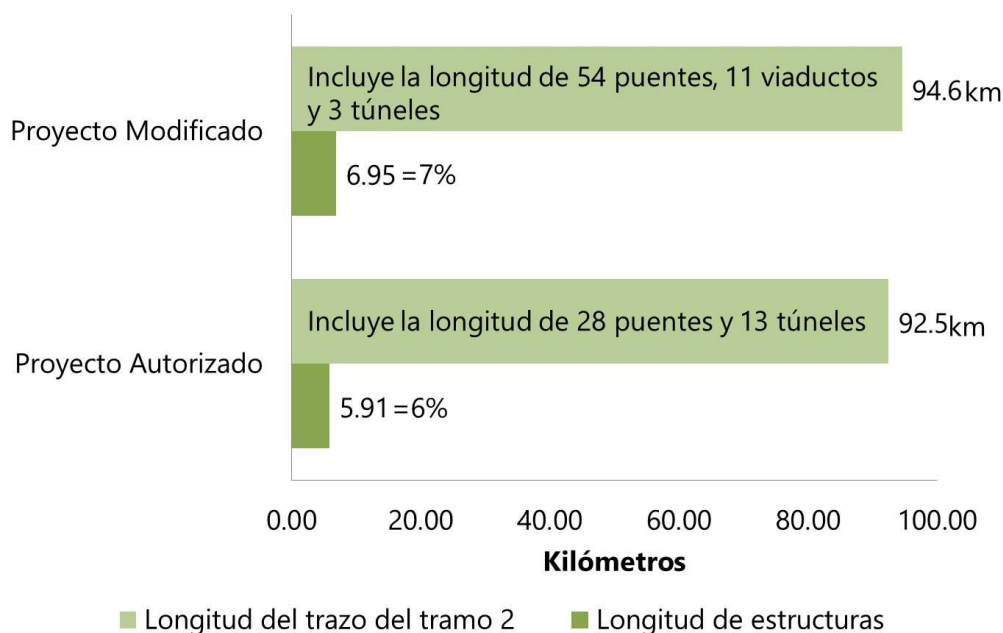


Gráfico II.3 Comparativa de la longitud de estructuras del proyecto autorizado con las del proyecto modificado que reducirán en conjunto la fragmentación del hábitat.

Ante lo expuesto en este apartado, se considera que los cambios de geometría del trazo autorizado y el incremento de estructuras, son aspectos, que si bien requieren superficies adicionales a la autorizada, detonaran mayor sustentabilidad a un proyecto autorizado en una región ecológica importante por los ecosistemas de bosques templados y selvas secas presentes, donde el principal objetivo de la modificación es reducir la inestabilidad de taludes y aumentar la seguridad de la carretera, construir nuevos puentes y viaductos que permitan el libre flujo de los escurrimientos y la movilidad de mamíferos.

La solicitud de evaluación de los bancos de tiro y de préstamo, dentro de esta MIA-R, se realizó con el objetivo de integrar todas las obras asociadas que se requieren para ejecutar la construcción, y que al considerarse de manera aislada o por separado, no permitirían realizar una evaluación de los efectos acumulativos, residuales y sinérgicos que producirá el proyecto.

**En el Capítulo V, apartado V.3.2.1 se presenta la comparativa ambiental del proyecto autorizado en el 2003 y el proyecto modificado, donde se considera la diferencia de la superficie de afectación de cambio de uso de suelo, de la disminución de la superficie de infiltración, del incremento de los niveles de fragmentación e índices erosivos, de la generación del efecto barrera y borde y del incremento en la accesibilidad a zonas conservadas.**



### II.1.2.3 Justificación Social

A nivel regional la carretera Mitla – Tehuantepec comunicará la región de Valles Centrales con el Istmo del estado de Oaxaca, también forma parte del eje México – Oaxaca - Mitla-Tehuantepec – La Ventosa – Arriaga – Tapachula - Cd. Hidalgo - Guatemala. Al finalizar la construcción enlazará de forma rápida y efectiva a puntos importantes de comercio y turismo que se beneficiarán por la prestación de servicios y el Estado promoverá un mejor y mayor desarrollo económico, se espera reducir en parte la desigualdad regional, mejorar la calidad de vida, la salud e impulsar de alguna forma el nivel educativo de los poblados cercanos (Castro, 2011; Vélez, 2011).

A nivel particular, los efectos positivos de la construcción del tramo 2 recaerán sobre los municipios involucrados a nivel territorial, ya que por solicitud comunal se contempla la construcción de 3 entronques adicionales a los 2 que se habían proyectado originalmente, estas intersecciones les darán a las poblaciones cercanas un acceso a la autopista y se mejorará directamente su comunicación terrestre con los centros de abasto regionales al agilizarse los tiempos de transporte.

El primer nuevo entronque es el proyectado en el km 126+645 y se denomina entronque “Narro”, su construcción permitirá el enlace con la carretera de centros poblacionales como Santo Domingo Narro y Guadalupe Lachiriega, beneficiando un total aproximado de 391 habitantes, según lo censado por INEGI en el año 2010.

La proyección de los entronques “Lachixila” y “Totolapilla”, obedecen a peticiones sociales de los ejidatarios al Centro SCT Oaxaca. El entronque “Lachixila” es solicitud de las comunidades de San Juan Lachixila, Agua Blanca, San Sebastián Jilotepec y Santa María Nizaviguiti, quienes pidieron que se les diera acceso a la autopista en el km 148+118. El entronque “Totolapilla” es solicitud del municipio de Santa María Totolapilla, el cual, argumenta que requieren en el km 160+821 el acceso a la autopista, porque tienen conflictos agrarios con los pobladores de San Pedro Jilotepec, San Juan Lachixila y Santiago Lachiguiri, quienes no les permiten transitar por las diferentes brechas para salir a la carretera federal. Las poblaciones involucradas presentan un acceso limitado por la orografía existente y sólo mantienen comunicación a través de caminos de terracería y brechas, lo cual, dificulta entre otras cosas el abastecimiento de víveres en la zona, por lo tanto, la construcción de estas intersecciones tiene un beneficio meramente social, ya que ambientalmente, detona cambios de uso de suelo futuros por la construcción de los caminos con los que enlacen.

En cuanto a los aspectos sociales negativos del proyecto, se tienen 2 problemáticas, la primera tiene relación directa con la modificación de la geometría del trazo, en específico, se deriva del cambio de ruta del km 91+320 al km 104+650, el cual, ocasionará afectación a diversos inmuebles de la población de Llano Crucero del municipio Santo Domingo Tepuxtepec que se encuentran ubicados del km 92+200 al km 93+050, sin embargo, la compensación económica y material (reconstrucción de casas y bienes)

resarcirá los daños, y el beneficio ambiental que detona el cambio de ruta es mayor. La ruta autorizada en la MIA-R 2003 afectaba en mayor medida a la población de Llano Laguna.

La segunda problemática se plantea al no considerar la construcción de los entronques, es decir, si únicamente se mantuvieran los entronques autorizados, debido a que los grupos comunales han expresado que de no ser consideradas estas estructuras de enlace con sus pueblos, no permitirán que se inicien los trabajos de construcción de la carretera. Esta problemática social, tiene su discrepancia con el tema ambiental, ya que 2 de los nuevos entronques, requerirán afectaciones futuras por la construcción de los caminos de terracería que los enlacen, así como un puente sobre el río Tehuantepec para el caso del Entronque Totolapilla.

### II.1.3 Ubicación física

El proyecto se ubica en el Estado de Oaxaca, políticamente el trazo atraviesa varios municipios, de los cuales, el tramo 2 se encuentra a nivel territorial sobre los municipios de San Pablo Villa de Mitla, San Lorenzo Albarradas, San Pedro y San Pablo Ayutla, Santo Domingo Tepuxtepec, San Pedro Quiatoni, San Juan Juquila Mixes, San Carlos Yautepec, Nejapa de Madero y Santiago Lachiguiri, pertenecientes a 4 regiones económicas: Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra Sur e Istmo y a 4 distritos: Tlacolula, Mixe, Yautepec y Tehuantepec.

El acceso al trazo puede hacerse desde la Ciudad de Oaxaca, se realiza por la carretera estatal No. 179 - Oaxaca - San Pedro y San Pablo-Villa Alta, que conduce hasta Santa María Albarradas, en donde se ubica el inicio del tramo 2 (km 72+500).

Tabla II.3Coordenadas UTM WGS84, Z15N del inicio y final del eje troncal del tramo 2

CADENAMIENTOS	X	Y
Inicio(km 72+500)	159075	1877551
Final(km 165+838.37AT=km 165+000AD)	225142	1843533

En el apartado II.2.2 y II.2.3, se presenta mayor detalle de la ubicación del proyecto.

**NOTA: Ver listado de coordenadas del eje troncal en Capítulo VIII, Apartado VIII.2, Anexos digitales del Capítulo II, II.I. Coordenadas UTM del eje troncal**

### II.1.4 Inversión requerida

El presupuesto estimado para la construcción del km 72+500 al km 165+3838.37AT=165+000AD es de \$8, 818, 770,556.88 (*Ocho mil ochocientos dieciocho millones setecientos setenta mil quinientos cincuenta y seis pesos 88/100 M.N.*).

De acuerdo al dólar cotizado el 27 de Mayo de 2013 el valor por dólar es de \$12.46, por lo tanto, la inversión en dólares sería de 707, 265, 398.7 USD (*Setecientos siete millones doscientos sesenta y cinco mil trescientos noventa y ocho dólares siete centavos*).

## II.2 Características particulares del proyecto

### Las especificaciones técnicas corresponden a una carretera tipo A2:

- Longitud del tramo 2 (km 72+500 al km 165+838.37): 94.58 km (ver apartado II.2.a)
- Ancho de corona: 12 m
- Ancho de calzada: 7 m
- Número de carriles: 2 (3.5 m de ancho cada uno)
- Ancho de acotamientos: 2.5 m para cada lado
- Ancho de cunetas: 2 m en forma de “V” en las zonas de corte
- Ancho de derecho de vía: variable (ver apartado II.2.b)
- Velocidad de proyecto: 90-110 km/h
- Tránsito (DPA): más de 3,000 vehículos
- Pendiente máxima: 6 %
- Curvatura máxima: 4°15’00”
- Espesor de pavimento: 0.40 m

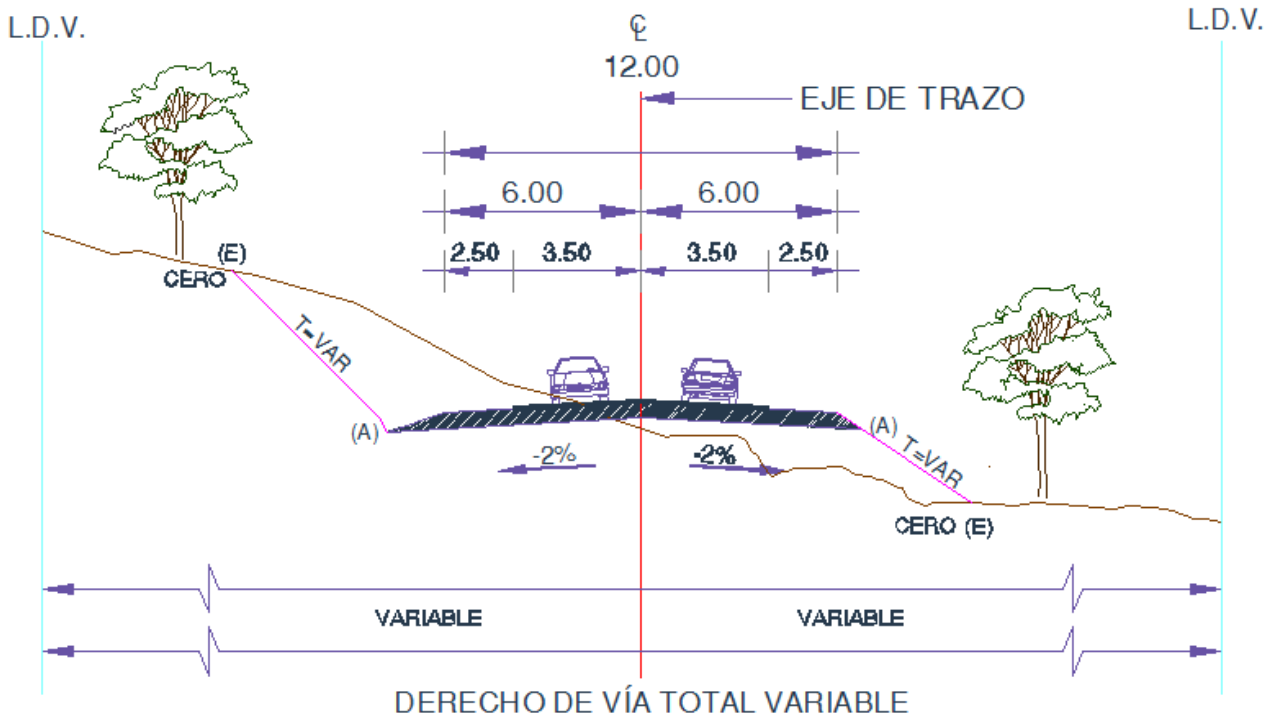


Imagen II.29

Sección de una carretera Tipo A2.

▪ **Obras especiales:**

- 318 obras de drenaje menor y complementarias
- 54 puentes (obras de drenaje mayor)
- 11 viaductos
- 3 túneles

▪ **Infraestructura adicional:**

- 5 entronques
- 9 pasos inferiores vehiculares
- 4 pasos superiores vehiculares
- 1 paso superior peatonal
- 4 pasos superiores peatonales y ganaderos
- 4 rampas de frenado de emergencia
- 5 paraderos
- 1 mirador

▪ **Obras provisionales y asociadas:**

- 7.12 km de caminos de acceso para el eje troncal (del km 527+000 al km 165+838.37AT=165+000AD)
- 5 Bancos de préstamo (más caminos de acceso respectivos)
- 51 Bancos de tiro

El resto de las obras provisionales y asociadas como campamentos, bodegas, talleres, comedores, serán ubicadas en los poblados más cercanos a los frentes de trabajo que decidan aperturarse, por ello, no se estima superficie de afectación, ya que estas obras, deberán establecerse en sitios sin vegetación nativa.

## II.2.a Longitud del eje troncal

El tramo del km 72+500 al km 165+838.37AD=165+000AT tiene una longitud total de 94.58 km, incluye 2 subtramos con igualdades, la primera se da en el km 127+700AT=526+367.242AD hasta el km 527+880AT=127+880AD con una longitud parcial de 1512.76 m; la segunda igualdad es en el km 144+000AT=544+000AD al km 546+026.729AT=146+040AD con una longitud parcial de 2026.72 m; para después continuar la numeración ascendente hasta el km 165+838.37 del eje troncal que es igual al km 165+000 del trazo autorizado.

Tabla II.4 Longitud del eje troncal

	CADENAMIENTOS	LONG. (m)
INICIO TRAMO 2	72+500 - 127+700	18820
CAMBIO DE RUTA	91+320 - 104+650	13330
	104+650 - 127+700	23050
INICIA IGUALDAD	127+700AT = 526+367.242AD	1512.76
TERMINA IGUALDAD	527+880AT = 127+880AD	
	127+880 - 144+000	16120
INICIA IGUALDAD	144+000AT = 544+000AD	2026.729
TERMINA IGUALDAD	546+026.729AT = 146+040AD	
TERMINA TRAMO 2	146+040 - 165+838.37	19798.37

LONGITUD TOTAL DEL TRAMO 2

94577.859 m = 94.58 km

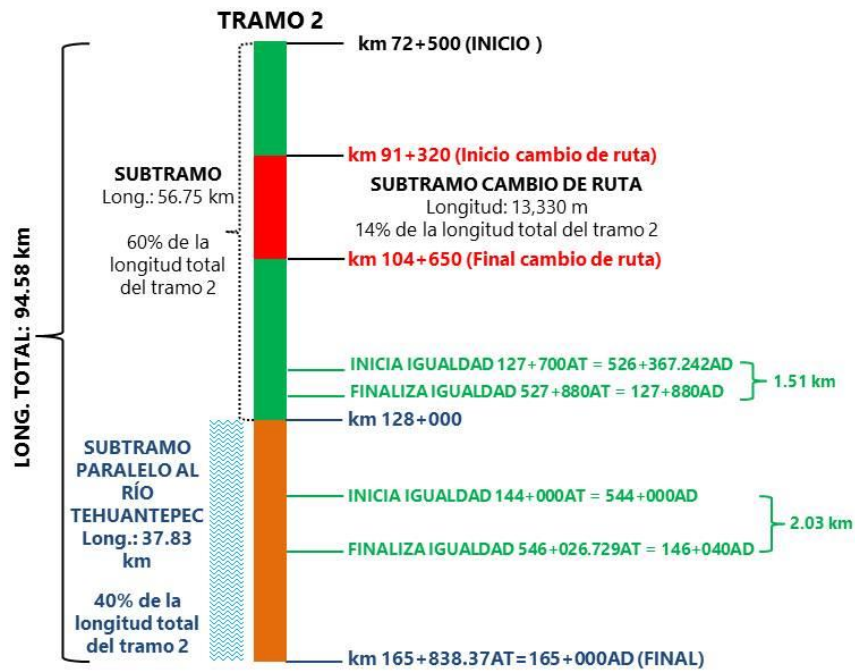


Imagen II.30 Representación de la longitud total del tramo 2 y sus desgloses por subtramos<sup>4</sup>

<sup>4</sup> El término “subtramo” hace referencia a una parte del tramo 2, sin importar longitud o ubicación.



### II.2.a.1 Desglose del proyecto ejecutivo

En el proyecto ejecutivo del trazo del tramo 2, los 94.58 km de longitud se desglosan en 12 subtramos, por lo que los planos del proyecto se presentan bajo esta subdivisión:

**Este desglose por subtramos es únicamente para el análisis de los planos y distribución de estructuras dentro de los mismos.**

Tabla II.5 Desglose por subtramos del proyecto ejecutivo del tramo 2

	CADENAMIENTOS	LONG. SUBTRAMO (m)	ESTRUCTURAS
SUBTRAMO 3	Del km 72+500 al km 74+000	1500	Entronque (1) Albarradas
SUBTRAMO 4	Del km 74+000 al km 82+500	8500	Viaducto 1 Viaducto 2 Rampa No. 1 PSV 1 PSV 2
SUBTRAMO 5	Del km 82+500 al km 91+040	8540	PSV 3 PSV 4 Viaducto 3 Viaducto 4 Viaducto 5 Viaducto 6 Viaducto 7 Rampa No. 2 Entronque (2) Tepuxtepec
SUBTRAMO 6	Del km 91+040 al km 99+000	7960	PIV 1 PIV 2 Puente 1 Puente 2 PIV 3
SUBTRAMO 7	Del km 99+000 al km 106+560	7560	Puente 3 PIV 3A PIV 4 Puente 4 Túnel 1 Puente 5 PIV 5 Puente 6 PIV 6 Puente 7 Puente 8 PIV 8
SUBTRAMO 8	Del km 106+560 al km 115+000	8440	Puente 9 Puente 10 Puente 11 Puente 12 Puente 13 Puente 14 Puente 15

CADENAMIENTOS	LONG. SUBTRAMO (m)	ESTRUCTURAS
<p>SUBTRAMO 9</p> <p>Del km 115+000 al km 128+320 (Incluye 2 igualdades del km 127+700AT=526+367.2 42AD al km 527+880AT=127+880AD con una longitud de 1432.76 m)</p>	14572.76	<p>Viaducto 8 Rampa No. 3 PSPyG 1 Paradero No. 1 PSPyG 2 Paradero No. 2 Viaducto 9 PIV 9 Puente 16 Puente 17 Puente 18 Puente 19 PSPyG 3 Paradero No. 3 Puente 20 PSPyG 5 Rampa No. 4 Mirador Acatlancito PSP 4 Paradero No.4 Puente 54 Puente 21 Entronque (3) Narro Parador Integral Narro Puente 22</p>
<p>SUBTRAMO 10</p> <p>Del km 128+320 al km 133+600</p>	5280	<p>Puente 23 Puente 24 Puente 25 Puente 26 Puente 27 Puente 28 Viaducto 11</p>
<p>SUBTRAMO 11</p> <p>Del km 133+600 al km 140+000</p>	6400	<p>Puente 29 Puente 30 Puente 31 Puente 32 Puente 33 Puente 34 Puente 35 Puente 36</p>
<p>SUBTRAMO 12</p> <p>Del km 140+000 al km 147+600 (Incluye 2 igualdades del km 144+000AT=544+000AD al km 546.026.729AT=146+040AD con una longitud de 2026.729 m)</p>	7586.729	<p>Puente 37 Puente 38 Viaducto 10 Túnel 2 Puente 39 Puente 40 Puente 41 Puente 42 Túnel 3 Puente 43 Puente 44</p>

	CADENAMIENTOS	LONG. SUBTRAMO (m)	ESTRUCTURAS
			Puente 45
SUBTRAMO 13	Del km 147+600 al km 156+600	9000	Puente 46 Entronque (4) Lachixila Puente 47 Puente 48 Puente 49 Puente 50
SUBTRAMO 14	Del km 156+600 al km 165+838.37AD=165+000AT	9238.37	Puente 51 Puente 52 Entronque (5) Totolapilla Puente 53

LONGITUD TOTAL DEL TRAMO 2 94577.859 m = 94.58 km

## II.2.b Ancho de derecho de vía

El trazo autorizado presenta un derecho de vía de 30m a cada lado del eje central, generando una superficie de 558.27 ha, sobre la que se realizaron los respectivos trámites en materia de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales (CUSTF) (ver apartado II.2.c.2).

### II.2.b.1 Ancho de derecho de vía del eje troncal

Al realizarse los cambios a la geometría del eje, el límite de la línea de cerros que sobresale a esta superficie se convierte en el derecho de vía y se les denomina “sobre anchos”, por lo tanto, el ancho del derecho de vía deja de ser homogéneo y se vuelve variable.

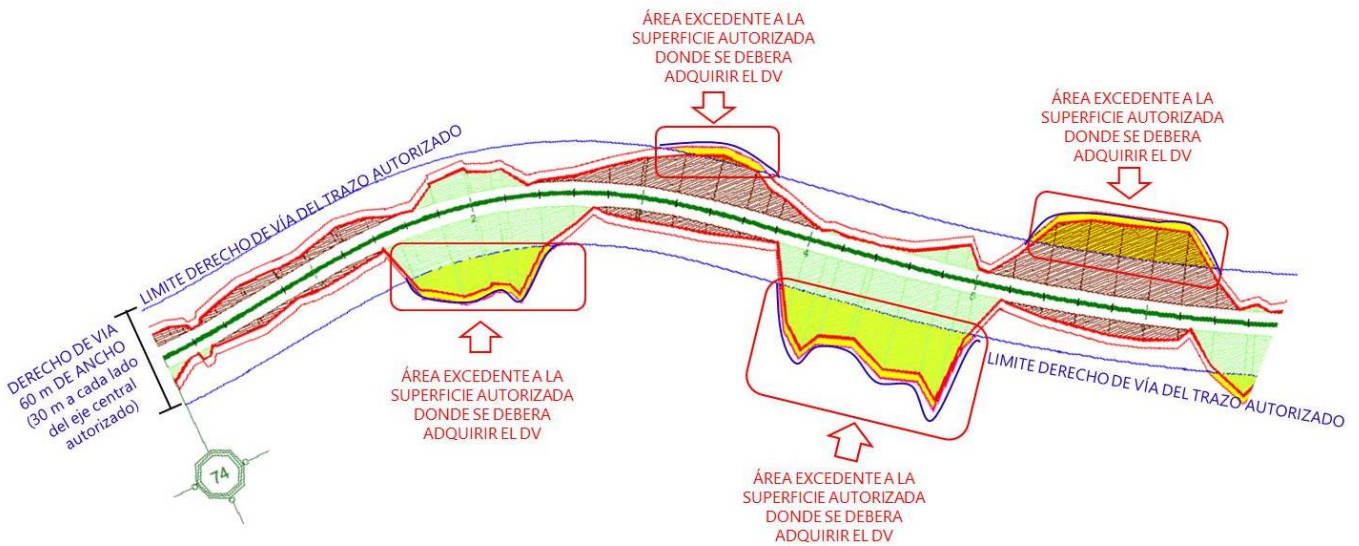


Imagen II.31 Representación de algunas áreas del km 74+000 al km 74+600, que salen del derecho de vía del trazo autorizado del tramo 2.

La Promovente ha adquirido los permisos correspondientes para el uso del derecho de vía del trazo autorizado, requiriendo únicamente la ampliación en los metros donde la línea de ceros del eje troncal sale de dicha superficie.

Para el subtramo donde el eje cambio de ruta (km 91+320 al km 104+650), con respecto al trazo autorizado, se adquirirá un nuevo derecho de vía de 40 m de ancho total (20 m a cada lado del eje central).

Cadenamientos	72+500 -91+320	Cambio de ruta 91+320 – 104+650	104+650 -165+838.37AT=165+000AD
Derecho de vía	60 m, mas sobreanchos	40 m, mas sobreanchos	60 m, mas sobreanchos

### II.2.b.2 Ancho de derecho de vía de los entronques

Para los sitios en donde se construirán los entronques se tiene delimitada una superficie de derecho de vía por adquirir basado en la geometría de los ejes que conforman cada uno de los 5 entronques.

Tabla II.6 Superficies de derecho de vía por adquirir

Entronque (1) Sta. Ma. Albarradas	Entronque (2) Tepuxtepec	Entronque (3) Narro	Entronque (4) Lachixila	Entronque (5) Totolapilla
2.10 ha*	5.77 ha	7.74 ha	6.71 ha	3.25 ha

\* El trazo del proyecto Mitla – Tehuantepec autorizado mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03, presentó la construcción del entronque Santa María Albarradas, el cual, se mantendrá en el sitio manifestado pero con un cambio de cadenamiento y la proyección de una nueva gaza que requiere superficie adicional a las 4.71 ha que se autorizaron. En la Imagen II.32, se muestra en el contorno color verde el área que corresponde gráficamente a la superficie mencionada en el trazo autorizado. El color rojo ilustra el límite del derecho de vía que se tendrá que adquirir.

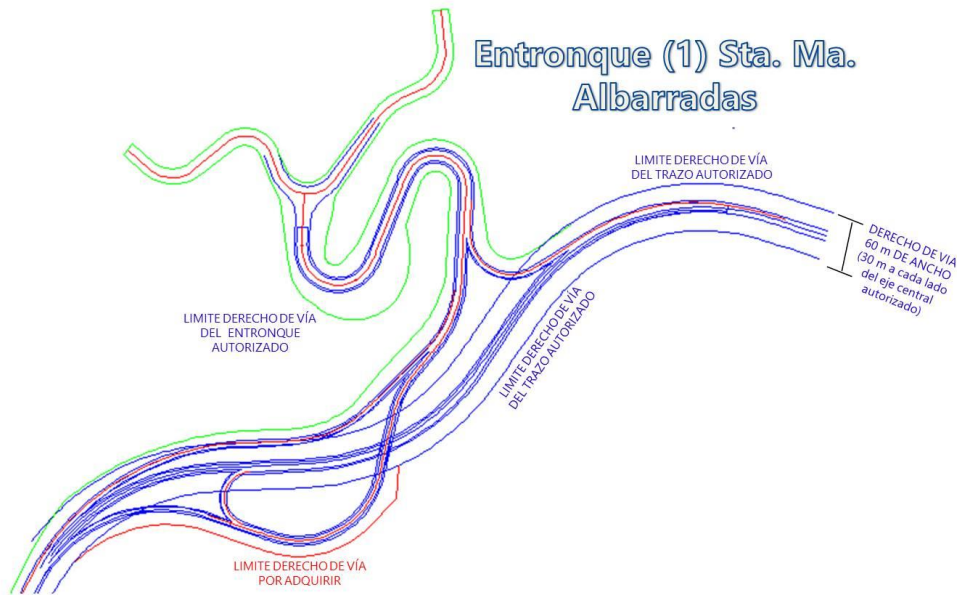


Imagen II.32 Delimitación del derecho de vía por adquirir para el entronque Sta. Ma. Albarradas

El resto de los entronques, son proyecciones nuevas, para las cuales se tendrá que adquirir las superficies de derecho de vía mencionadas en la Tabla II.6.



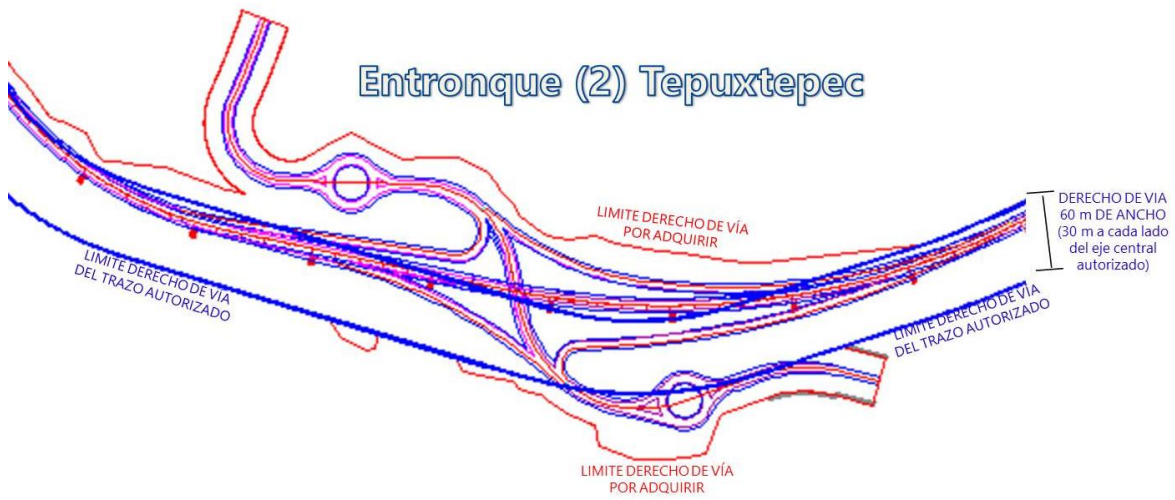


Imagen II.33 Delimitación del derecho de vía por adquirir para el entronque Tepuxtepec

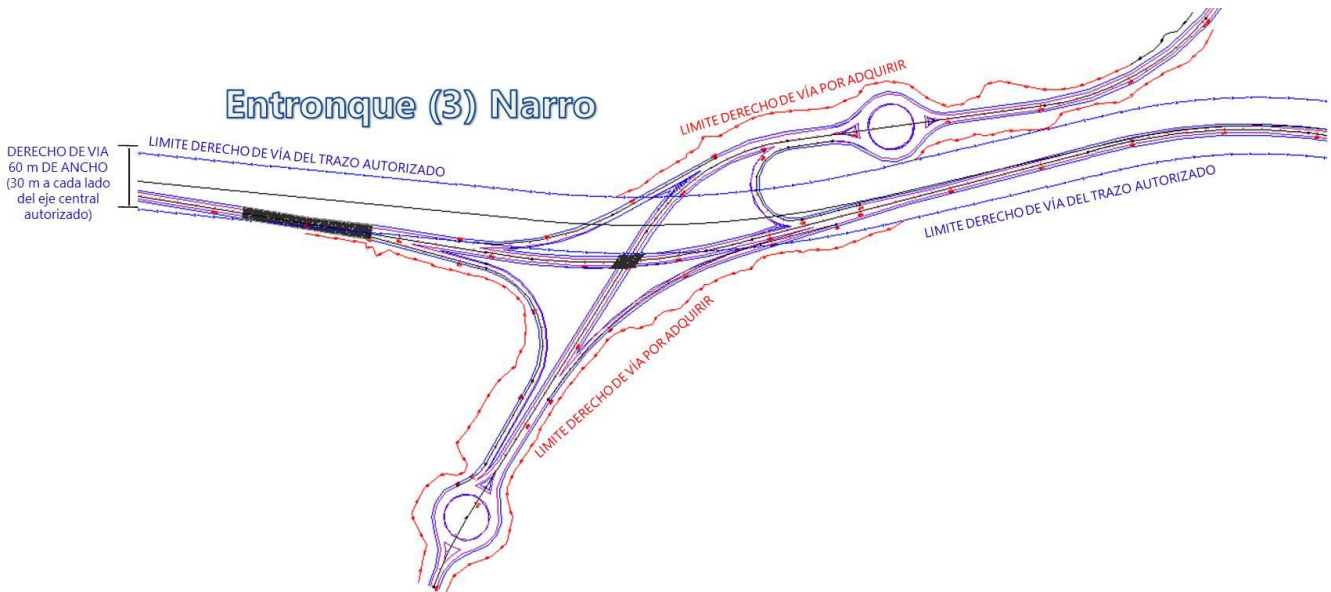


Imagen II.34 Delimitación del derecho de vía por adquirir para el entronque Narro

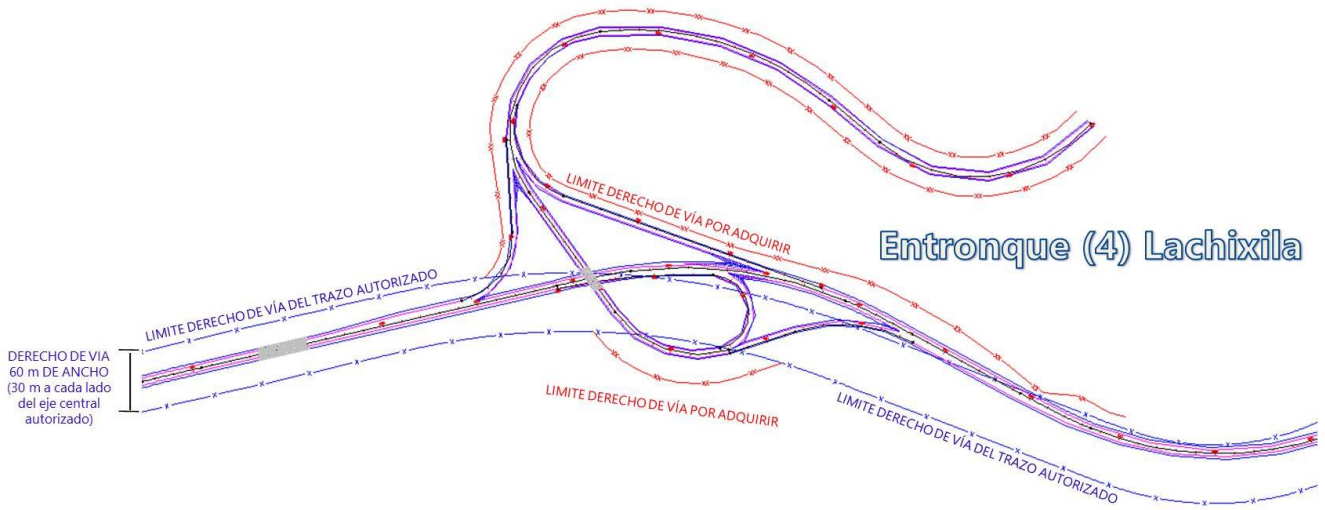


Imagen II.35 Delimitación del derecho de vía por adquirir para el entronque Lachixila

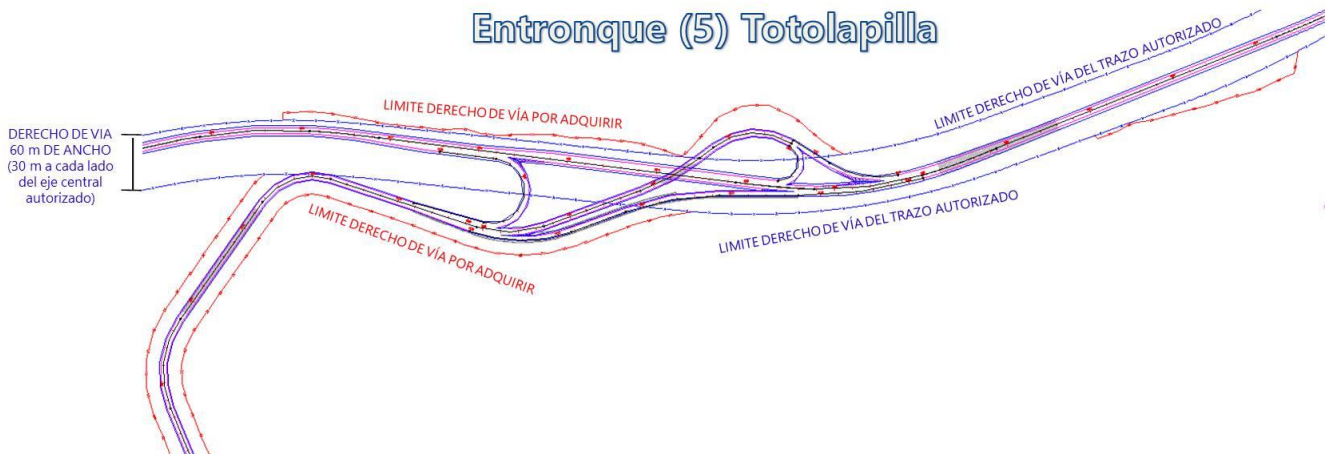


Imagen II.36 Delimitación del derecho de vía por adquirir para el entronque Totolapilla

## II.2.c Superficies del proyecto

Para el desglose de superficies del proyecto en los siguientes apartados se manejan los siguientes conceptos:

- II.2.c.1. **Superficie de obras permanentes y de afectación del proyecto** [incluye: (1) la superficie modificada para terracerías<sup>5</sup>, puentes, viaductos, túneles (portales) que conforman la línea de ceros del eje troncal; (2) la superficie para infraestructura adicional fuera de la línea de ceros del eje troncal y (3) la superficie para obras provisionales y asociadas. Al interior de los polígonos que conforman esta superficie estarán las obras permanentes. Ejemplo de esta superficie en imagen a).
- II.2.c.2. **Superficie del trazo autorizado del tramo 2** [correspondiente a 558.27 ha del derecho de vía de 60 m de ancho por 92.5 km de longitud y 4.71 ha del entronque (1) Santa María Albarradas]. Ejemplo de esta superficie en imagen b).
- II.2.c.3. **Superficie excedente total (SET) del proyecto** [resultado de la diferencia y sobreposición de las 2 anteriores]. Incluye la superficie excedente para eje troncal + superficie excedente para infraestructura adicional + superficie excedente para obras provisionales. Ejemplo de estas superficies en imagen c).

---

<sup>5</sup>El concepto de terracerías se refiere a la superficie del eje troncal en la que se realizará el desmonte, cortes (despalme y excavaciones en corte) para la formación de terraplenes y construcción de la capa subyacente y subrasante.

II.2.c.4.

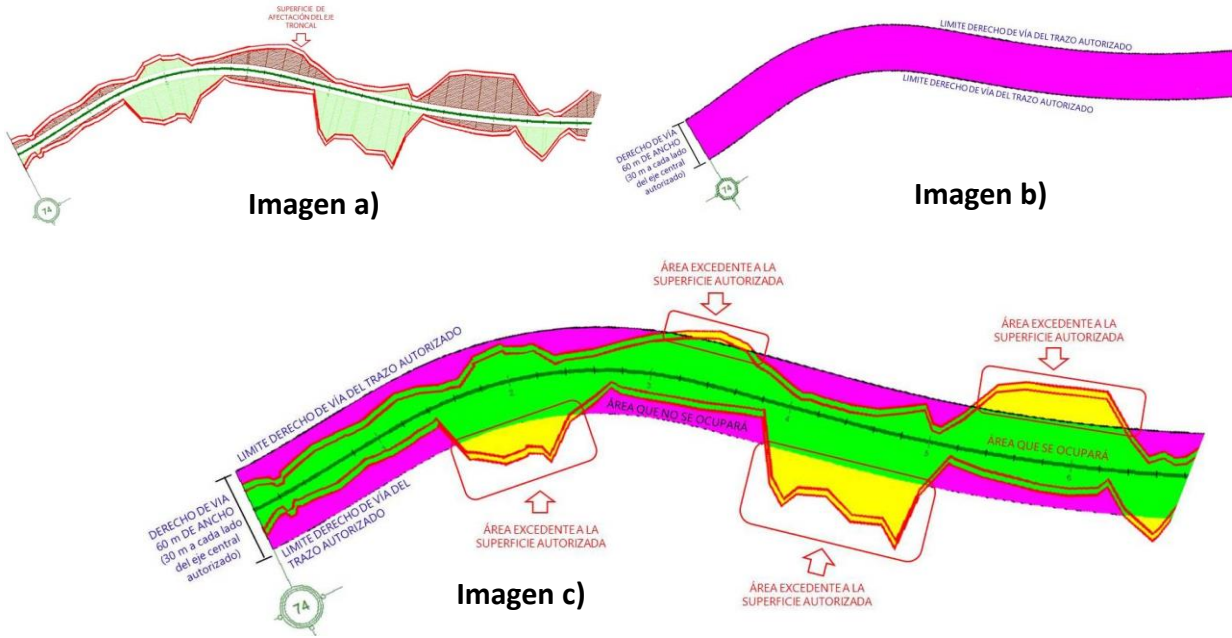


Imagen II.37 Representación de las superficies que se manejan en el proyecto, con el fin de ejemplificar aquellas áreas que se ocuparan, las excedentes y las que no se ocuparan con respecto a la superficie del derecho de vía del trazo autorizado

## II.2.c.1 Superficie de obras permanentes y de afectación del proyecto

### II.2.c.1.1 Eje troncal

El trazo del eje troncal está constituido por la longitud de las terracerías, puentes, viaductos y túneles, que en conjunto forman la superficie de rodamiento que se pavimentara.

Tabla II.7 Listado de superficies por conceptos del eje troncal

EJE TRONCAL	LONGITUD (km)	SUPERFICIE DE RODAMIENTO <sup>6</sup> (ha)	SUPERFICIE DE OBRAS PERMANENTES <sup>7</sup> (ha)	SUPERFICIE DE AFECTACIÓN <sup>8</sup> (ha)	SUPERFICIE DE AFECTACIÓN EN ZONA FEDERAL <sup>9</sup>
Terracerías <sup>10</sup>	87.91	105.49	123.07	405.28	0.00
Puentes	4.78	5.74	1.23	14.56	0.38
Viaductos	1.43	1.72	0.26	2.75	0.03
Túneles	0.46	0.55	0.64	0.52	0.00
<b>TOTAL EJE TRONCAL</b>	<b>94.58 km</b>	<b>132.41 ha</b>	<b>125.2 ha</b>	<b>423.03 ha</b>	<b>0.41 ha</b>

<sup>6</sup>La superficie de rodamiento corresponde a los 2 carriles de circulación más los acotamientos exteriores, se calculó mediante la longitud de cada concepto que forma el eje troncal por el ancho de corona del proyecto.

<sup>7</sup> La superficie de obras permanentes del eje troncal para el caso de las terracerías se calculó considerando la superficie de rodamiento más 2m para obras complementarias de drenaje como cunetas y bordillos; en el caso de los puentes y viaductos se consideró únicamente aquella superficie sobre la que se cimentaran la subestructura e infraestructura (ver apartado II.2.4.6.3). Para los túneles la superficie de obras permanentes es la correspondiente a la superficie de rodamiento que se forma dentro de cada túnel.

<sup>8</sup> La superficie de afectación se cuantificó en base a las líneas de ceros del eje troncal y de la infraestructura adicional. Para puentes, se estimó una superficie en base a las dimensiones de cada estructura, pero es importante remarcar, que no toda la superficie indicada se afectara, esto dependerá del procedimiento constructivo de la infraestructura y subestructura, de las condiciones de cada sitio específico de cimentación; así como del acceso de la maquinaria a dichos sitios. Para los túneles, la superficie de afectación corresponde a los portales de entrada y salida de los 3 túneles, y de las superficies para las subestaciones que se proyectaron para su iluminación. Ver Tabla II.8.

<sup>9</sup> La superficie de afectación de zona federal será aquella que se ubique en 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 (NAMO), pero para el cálculo de este dato se tomó el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) que es el dato de diseño de los puentes y viaductos.

<sup>10</sup>El concepto de terracerías se refiere a la superficie del eje troncal en la que se realizará el desmonte, cortes (despalme y excavaciones en corte), formación de terraplenes y construcción de la capa subyacente y subrasante.



De lo establecido en la siguiente tabla, el eje troncal presenta dentro de su delimitación de línea de ceros una superficie de 423.03 ha, de las cuales, 236.82 ha se encuentran dentro del derecho de vía del trazo autorizado, y 186.21 ha son áreas excedentes que requiere la construcción por las alineaciones de curva, ampliación de taludes y el cambio de ruta que comprende la modificación del eje del tramo 2 (este último dato es el que se sumará para obtener la superficie excedente total del proyecto que se presenta en el apartado II.2.c.3).

Eje Troncal	Sup. dentro del derecho de vía		Sup. excedente		Sup. Afectación
Forestal	152.23	+	164.94	=	320.66
No Forestal	---	+	26.67	=	26.67
Autorizada actualmente desmontada	75.70	+	---	=	75.70
<b>Superficie de línea de ceros</b>	<b>236.82</b>	+	<b>186.21</b>	=	<b>423.03**</b>

\*\* Este dato de superficie se sumará a la superficie excedente de infraestructura adicional más la superficie excedente de las obras provisionales y asociadas.

En cuanto a la superficie de línea de ceros del eje troncal con características forestales se tiene un estimado de 320.66 ha, que corresponden a vegetación nativa de selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosque pino-encino, bosque encino-pino y vegetación riparia, que presentan grados de conservación primaria y secundaria, y estratos arbóreos y arbustivos dentro de su composición florística. De estas hectáreas, el 47% (152.23 ha) se encuentra dentro del derecho de vía del trazo autorizado, es decir, cuenta con autorización en materia forestal y el resto (164.94 ha), se presenta como excedente de superficie forestal del eje troncal, para la cual, la Promovente realizará los trámites correspondientes para obtener las autorizaciones en la materia.

De la superficie de afectación del eje troncal que coincide con la del trazo autorizado mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03, se tienen aperturados 3 segmentos<sup>11</sup>, por lo tanto, las áreas se cuantificaron y denominaron como “zona aperturada” y suman un total de 75.70 ha.

Tabla II.8 Superficie de afectación del eje troncal por concepto del eje troncal por USUEV

<sup>11</sup>Segmento 1: Del km 72+500 al km 90+500, con una longitud de 18 km. Segmento 2: Del km 125+000 al km 126+500 con una longitud de 1.5 km. Segmento 3: Del km 163+000 al km 165+838.37AT=165+000AD con una longitud de 2 km.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL/ NO FORESTAL	EJE TRONCAL				TOTALES EJE TRONCAL (ha)	SUP. OCUPARA (ha)	SUP. EXCEDENTE (ha)
		TERRACERIAS (ha)	PUENTES (ha)	VIADUCTOS (ha)	TUNELES (ha)			
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal 320.66 ha	39.35	2.01	0.31	0.00	<b>41.67</b>	<b>25.64</b>	<b>16.04</b>
Bosque pino-encino secundario arbustivo		25.41	1.53	0.30	0.00	<b>27.25</b>	<b>8.47</b>	<b>18.77</b>
Bosque pino-encino secundario arbóreo		49.98	1.42	0.23	0.00	<b>51.63</b>	<b>14.72</b>	<b>36.92</b>
Vegetación riparia		2.27	1.20	0.15	0.00	<b>3.62</b>	<b>1.37</b>	<b>2.25</b>
Bosque encino-pino secundario arbustivo		6.56	0.37	0.09	0.18	<b>7.20</b>	<b>0.39</b>	<b>6.81</b>
Bosque encino-pino secundario arbóreo		21.84	0.41	0.86	0.00	<b>23.11</b>	<b>3.16</b>	<b>19.95</b>
Selva baja caducifolia secundaria arbórea		9.38	0.03	0.00	0.00	<b>9.41</b>	<b>3.04</b>	<b>6.37</b>
Selva baja caducifolia primaria		148.94	6.80	0.23	0.34	<b>156.31</b>	<b>96.99</b>	<b>59.32</b>
Selva mediana subcaducifolia		0.45	0.00	0.00	0.00	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.00</b>
Zona urbana		no forestal 26.67	0.95	0.00	0.00	0.00	<b>0.95</b>	<b>0.00</b>
Camino	3.48		0.04	0.06	0.00	<b>3.58</b>	<b>1.35</b>	<b>2.24</b>
Zona de CFE (líneas de alta tensión)	0.22		0.03	0.00	0.00	<b>0.26</b>	<b>0.02</b>	<b>0.23</b>
Zona agrícola	18.81		0.56	0.48	0.00	<b>19.86</b>	<b>5.33</b>	<b>14.53</b>
Zona de extracción de material	0.13		0.00	0.00	0.00	<b>0.13</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>
Vegetación ruderal-arvense	1.07		0.02	0.04	0.00	<b>1.13</b>	<b>0.08</b>	<b>1.05</b>
Pastizal inducido	0.62		0.00	0.00	0.00	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>	<b>0.62</b>
Escurrimiento*	0.00		0.10	0.00	0.00	<b>0.10</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>
Lecho del río*	0.00		0.04	0.00	0.00	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>
Zona aperturada	F. AUT		75.70	0.00	0.00	0.00	<b>75.70</b>	<b>75.70</b>
<b>SUBTOTAL</b>		<b>405.16</b>	<b>14.59</b>	<b>2.75</b>	<b>0.52</b>	<b>423.03</b>	<b>236.83</b>	<b>186.20</b>
							<b>423.03</b>	

Zona aperturada (F. AUT): Indica que la superficie que se ha desmontado, está sobre la superficie autorizada en materia de cambio de uso de suelo de terrenos forestales. Es decir, está dentro del derecho de vía autorizado en materia de cambio de uso de suelo de terrenos forestales.

\* Este tipo de uso de suelo, no será cambiado de manera permanente, se construirán obras de drenaje menor y mayor, que permitan el libre flujo del agua, por lo tanto, solo se considera su afectación temporal.

Las características forestales de esta superficie, como la altura, diámetro (DAP), número de individuos a remover, volumen forestal, etc., se deberán presentar en el Estudio Técnico Justificativo correspondiente a las áreas adicionales a la superficie autorizada en materia forestal (excedentes al trazo del derecho de vía autorizado).

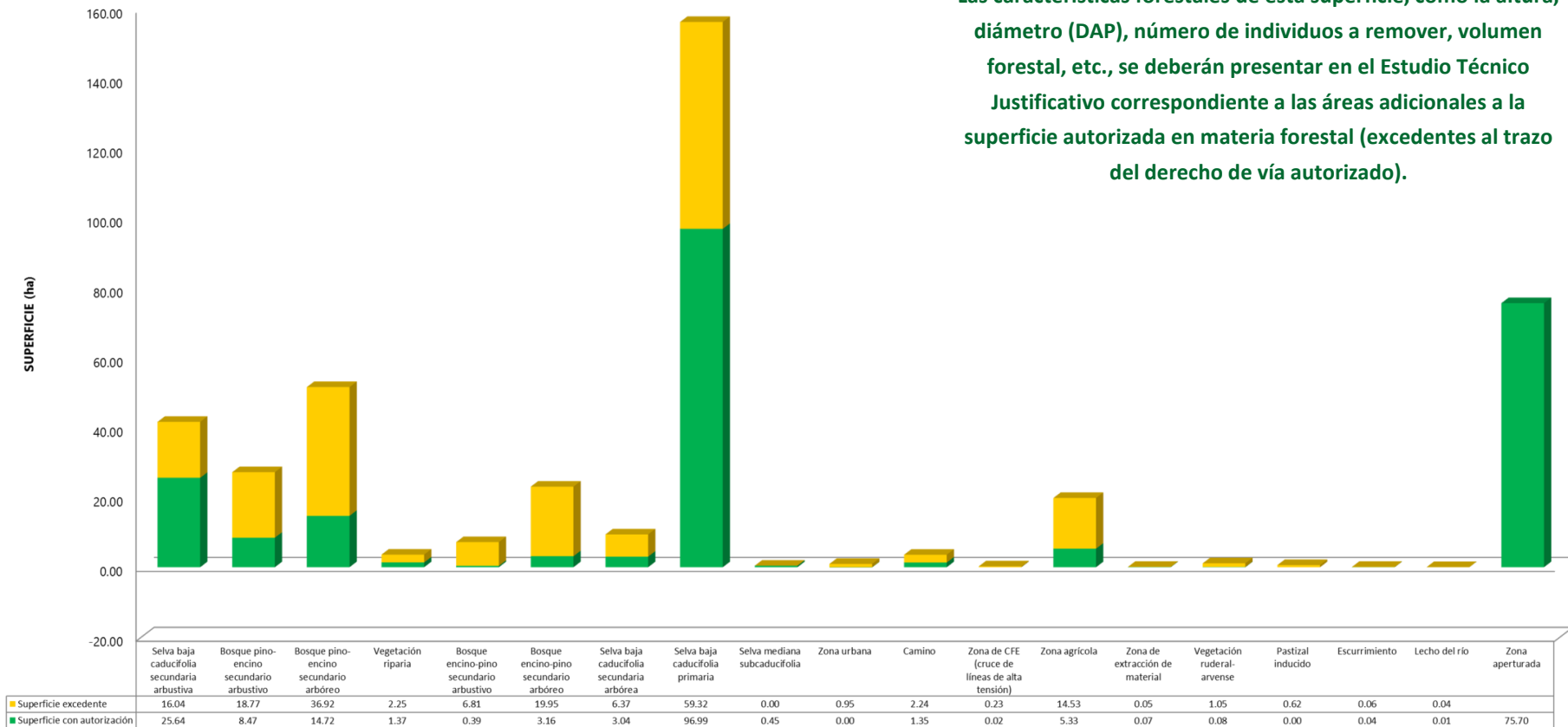


Gráfico II.4

Superficies de afectación (ha) del eje troncal por uso de suelo y vegetación

### II.2.c.1.2 Infraestructura adicional

Corresponde a aquellas obras que se requieren construir para completar la funcionalidad de la carretera; para el trazo modificado del tramo 2, tiene proyectado lo siguiente:

- 5 entronques: Entronque (1) Albarradas (72+963.57); Entronque (2) Tepuxtepec (90+572); Entronque (3) Narro (126+645); Entronque (4) Lachixila (148+118); Entronque (5) Totolapilla (160+821)
- 9 pasos inferiores vehiculares: PIV1 (92+445); PIV2 (92+950); PIV3 (98+422); PIV3A (101+242); PIV4 (101+679); PIV5 (102+570); PIV6 (103+720); PIV8 (105+700); PIV9 (119+250)
- 4 pasos superiores vehiculares: PSV1 (81+340); PSV2 (82+080); PSV3 (83+300); PSV4 (83+892)
- 4 pasos superiores peatonales y ganaderos: PSPyG 1 (115+750); PSPyG 2 (116+570); PSPyG 3 (123+620); PSPyG 5 (124+730)
- 1 paso superior peatonal: PSP (125+420)
- 5 paraderos: Paradero No. 1 (106+360); Paradero No. 2 (116+900); Paradero No. 3 (123+680); Paradero No.4 (125+460); Parador Integral Narro (1+120 del Eje 1 del entronque Narro)
- 1 mirador: Mirador Acatlancito (125+440)
- 4 rampas de frenado de emergencia: Rampa No. 1 (81+200); Rampa No. 2 (90+000); Rampa No. 3 (115+200); Rampa No. 4 (125+000)

Tabla II.9 Listado de superficies por conceptos de infraestructura adicional

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	LONGITUD (km)	SUPERFICIE DE OBRAS PERMANENTES (ha)	SUPERFICIE DE AFECTACIÓN (ha)
Entronques	10.58	10.24	20.23
PIV	NA	0.55	1.62
PSV	NA	0.012	DENTRO DE LC DEL EJE TRONCAL
PSP	NA	0.05	DENTRO DE LC DEL EJE TRONCAL
PSPyG	NA	0.26	DENTRO DE LC DEL EJE TRONCAL
Rampas de frenado de emergencia	1.55	1.89	4.06
Paraderos	NA	1.20	1.74
Mirador	NA	0.42	0.27
<b>TOTAL INFRAESTRUCTURA ADICIONAL</b>	<b>12.13</b>	<b>14.62</b>	<b>27.92</b>

NA: No aplica

La longitud establecida para la infraestructura adicional, corresponde a los ejes de los entronques y de las rampas.

De lo establecido en la tabla anterior, para la construcción de la infraestructura adicional se requieren 27.92 ha, de las cuales, 6.18 ha se ubican dentro del derecho de vía del trazo autorizado, y 21.74 ha son áreas excedentes para las que se solicita autorización en materia de impacto ambiental.

Infraestructura Adicional	Sup. dentro del derecho de vía		Sup. excedente		Sup. Afectación
Forestal	4.67	+	16.93	=	21.60
No Forestal	1.51	+	4.81	=	6.32
<b>Superficie de línea de ceros</b>	<b>6.18</b>	+	<b>21.74</b>	=	<b>27.92**</b>

\*\* Este dato de superficie se sumará a la superficie excedente del eje troncal más la superficie excedente de las obras provisionales y asociadas.

En cuanto a la superficie de línea de ceros de la infraestructura adicional, únicamente 21.60 ha corresponden a vegetación nativa que tiene características forestales. De estas hectáreas, el 22% (4.67 ha) se encuentra dentro del derecho de vía del trazo autorizado, es decir, cuenta con autorización en materia forestal y el resto (16.93 ha), se presenta como excedente de superficie forestal de infraestructura adicional, para la cual, la Promovente realizará los trámites correspondientes para obtener las autorizaciones en materia forestal.

Tabla II.10 Superficie de afectación (ha) de infraestructura adicional por USUEV

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL/NO FORESTAL	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL													
		ENTRONQUES (ha)					PARADEROS (ha)					RAMPAS (ha)			
		E1	E2	E3	E4	E5	P1	P2	P3	P4	PARADERO INTEGRAL NARRO	R1	R2	R3	R4
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal 21.60 ha	0.09		5.28			0.07	0.03	0.02	0.05	1.47			0.51	1.00
Bosque pino-encino secundario arbustivo			1.01									0.41			
Bosque pino-encino secundario arbóreo			2.60									0.05		0.18	
Vegetación riparia					0.07										



USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL/NO FORESTAL	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL													
		ENTRONQUES (ha)					PARADEROS (ha)					RAMPAS (ha)			
		E1	E2	E3	E4	E5	P1	P2	P3	P4	PARADERO INTEGRAL NARRO	R1	R2	R3	R4
Bosque encino-pino secundario arbustivo													0.56		
Bosque encino-pino secundario arbóreo													0.49		
Selva baja caducifolia primaria					5.02	2.11									
Zona urbana	No Forestal 6.32 ha														
Camino			0.33	0.47							0.09	0.01			0.08
Zona agrícola		1.88	1.09									0.75	0.01		
Vegetación ruderal-arvense			0.15	0.12							0.01				
<b>SUBTOTALES</b>		1.97	5.18	5.88	5.09	2.11	0.07	0.03	0.02	0.05	1.57	1.23	1.06	0.70	1.07
<b>TOTALES</b>		20.23					1.74					4.06			

Continúa en página siguiente...

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL/NO FORESTAL	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL										MIRADOR (ha)	TOTALES (ha)	SUP. OCUPARA (ha)	SUP. EXCEDENTE (ha)	
		PIV's (ha)														
		PIV1	PIV2	PIV3	PIV3A	PIV4	PIV 5	PIV6	PIV8	PIV9						
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal 21.60 ha											0.27	8.79	1.15	7.65	
Bosque pino-encino secundario arbustivo													1.42	0.84	0.59	
Bosque pino-encino secundario arbóreo													2.83	0.62	2.21	
Vegetación riparia							0.00						0.07	0.04	0.03	
Bosque encino-pino secundario arbustivo													0.56	0.00	0.56	
Bosque encino-pino secundario arbóreo								0.12					0.61	0.00	0.61	
Selva baja caducifolia primaria												0.17	7.30	2.01	5.29	
Zona urbana	no forestal 6.32 ha	0.20											0.20	0.00	0.20	
Camino		0.06	0.16	0.17	0.17	0.17		0.17	0.17				2.06	0.12	1.94	
Zona agrícola								0.05						3.78	1.35	2.43
Vegetación ruderal-arvense														0.28	0.04	0.24
<b>SUBTOTALES</b>		0.26	0.16	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.27				
<b>TOTALES</b>		1.62										0.27	<b>27.92</b>	6.18	21.74	
													<b>27.92</b>			

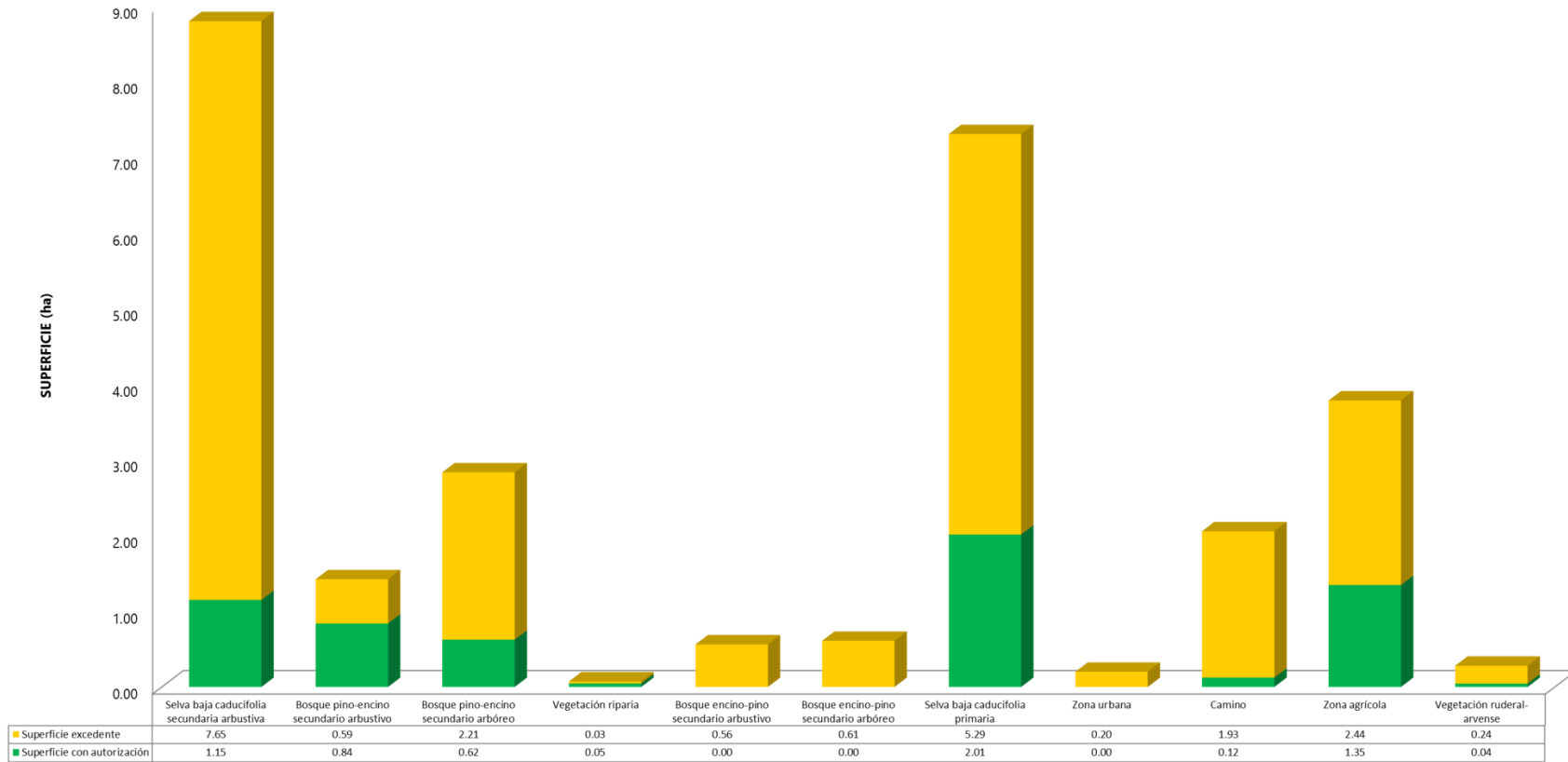


Gráfico II.5 Superficies de afectación (ha) para infraestructura adicional por uso de suelo y vegetación

### II.2.c.1.3 Obras provisionales y asociadas

En cuanto a obras provisionales y asociadas el proyecto requiere de bancos de préstamo de materiales y bancos de tiro, así como sus caminos de acceso a estos sitios. También, se está solicitando la autorización de caminos de acceso al eje troncal del km 128+000 al km 165+838.37AT=165+000AD (subtramo paralelo al río Tehuantepec); para todas estas obras se requieren las siguientes superficies:

Tabla II.11 Listado de superficies por conceptos de obras provisionales y asociadas

OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS	LONGITUD (km)	SUPERFICIE DE AFECTACIÓN (ha)
Caminos de acceso al eje troncal	7.12	4.90
5 Bancos de préstamo	NA	2.12
Caminos de acceso a los bancos de préstamo	6.81	5.75
51 Bancos de tiro	NA	130.06
<b>TOTAL OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS</b>	<b>13.93</b>	<b>142.82</b>

NA: No aplica

SUPERFICIE DE AFECTACIÓN: corresponde al cálculo de aquellas áreas que se cuantificaron en un buffer de 5m a cada lado del eje de los caminos propuestos. Para los caminos que cuentan con terracería existente se cuantifico únicamente la ampliación y adecuación de la corona.

Obras Provisionales y Asociadas	Sup. dentro del derecho de vía		Sup. excedente		Sup. Afectación
Forestal	---	+	167.63	=	167.63
No Forestal	---	+	13.28	=	13.28
<b>Superficie de línea de ceros</b>	---	+	<b>142.82</b>	=	<b>142.82**</b>

\*\* Este dato de superficie se sumará a la superficie excedente del eje troncal más la superficie excedente de la infraestructura adicional.

De las 142.82 ha que se requieren para obras asociadas, únicamente 131.15 ha corresponden a vegetación nativa con características forestales, para las cuales, la Promovente realizará los trámites correspondientes para obtener las autorizaciones en materia forestal.

Tabla II.12 Superficie de afectación (ha) de obras provisionales y asociadas por USUEV

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN (USUEV)	FORESTAL/ NO FORESTAL	OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS				TOTALES (ha)
		BANCOS DE PRÉSTAMO (ha)	CAMINOS DE ACCESO BANCOS DE PRÉSTAMO (ha)	BANCOS DE TIRO (ha)	CAMINOS DE ACCESO AL EJE TRONCAL (ha)	
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal 131.15 ha		1.24	3.21		4.45
Bosque pino-encino secundario arbustivo		0.75	2.76	4.13		7.64
Bosque pino-encino secundario arbóreo				21.72		21.72
Vegetación riparia				9.89	0.456	10.35
Bosque encino-pino secundario arbóreo		0.29				0.29
Selva baja caducifolia secundaria arbórea			0.63	15.24	0.191	16.06
Selva baja caducifolia primaria				103.15	3.965	107.12
Zona urbana	No Forestal 11.68 ha		0.47			0.47
Camino				0.33		0.33
Zona agrícola		0.51	0.65	6.85	0.238	8.24
Escurrimiento				0.05	0.014	0.06
Lecho del río		0.56			0.035	0.59
Sin vegetación aparente					3.58	3.58
<b>TOTALES</b>		<b>2.12</b>	<b>5.75</b>	<b>130.06</b>	<b>4.90</b>	<b>142.82</b>

En el apartado II.2.c.3 se presenta la superficie excedente total del proyecto (incluye adicionales para eje troncal, infraestructura adicional y obras asociadas y provisionales).



### II.2.c.1.4 Superficie de afectación total del proyecto

El proyecto Mitla –Tehuantepec, Tramo 2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD, ocupara una superficie estimada de 593.76 ha, por el conjunto de obras y actividades que se requieren para la construcción.

- (1) la superficie de línea de ceros modificada para el eje troncal [terracerías<sup>12</sup>, puentes, viaductos, túneles (portales de entrada y salida)],
- (2) la superficie para infraestructura adicional fuera de la línea de ceros del eje troncal y
- (3) la superficie para obras provisionales y asociadas

Dichas hectáreas están compuestas por diferentes tipos de vegetación, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II.13 Superficie de afectación (ha) total del proyecto

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL/NO FORESTAL	EJE TRONCAL (ha)	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL (ha)	OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS (ha)	TOTALES (ha)
Selva baja caducifolia primaria	Forestal 473.40 ha	156.31	7.30	72.82	<b>236.43</b>
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva		41.67	8.79	3.52	<b>53.99</b>
Selva baja caducifolia secundaria arbórea		9.41	0.00	11.76	<b>21.17</b>
Bosque pino-encino secundario arbóreo		51.63	2.83	19.84	<b>74.31</b>
Bosque pino-encino secundario arbustivo		27.25	1.42	9.65	<b>38.32</b>
Bosque encino-pino secundario arbóreo		23.11	0.61	3.56	<b>27.28</b>
Bosque encino-pino secundario arbustivo		7.20	0.56	0.56	<b>8.32</b>
Vegetación riparia		3.62	0.07	9.43	<b>13.12</b>
Selva mediana subcaducifolia		0.45	0.00	0.00	<b>0.45</b>
Zona agrícola	No Forestal	19.86	3.78	6.83	<b>30.47</b>

<sup>12</sup>El concepto de terracerías se refiere a la superficie del eje troncal en la que se realizará el desmonte, cortes (despalme y excavaciones en corte), formación de terraplenes y construcción de la capa subyacente y subrasante.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL/NO FORESTAL	EJE TRONCAL (ha)	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL (ha)	OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS (ha)	TOTALES (ha)
Camino	44.67 ha	3.58	2.06	0.15	<b>5.79</b>
Zona urbana		0.95	0.20	2.16	<b>3.31</b>
Vegetación ruderal-arvense		1.13	0.28	0.00	<b>1.41</b>
Pastizal inducido		0.62	0.00	0.00	<b>0.62</b>
Lecho del río		0.04	0.00	0.59	<b>0.64</b>
Líneas de CFE alta tensión		0.26	0.00	0.00	<b>0.26</b>
Zona de extracción de material		0.13	0.00	0.00	<b>0.13</b>
Escurrimiento		0.10	0.00	0.06	<b>0.16</b>
Sin vegetación aparente		0.00	0.00	1.88	<b>1.88</b>
Zona aperturada	forestal AUT	75.70	0.00	0.00	<b>75.70</b>
<b>TOTALES</b>		<b>423.03</b>	<b>27.92</b>	<b>142.82</b>	<b>593.76</b>

Zona aperturada: Corresponde a los 3 subtramos aperturados dentro de la superficie del derecho de vía del trazo autorizado.

F. AUT: Indica que lo que se ha desmontado, se hizo sobre la superficie autorizada en materia de cambio de uso de suelo de terrenos forestales.

En el apartado II.2.c.3 se presenta el desglose de la superficie total del proyecto con respecto a la superficie del derecho de vía del trazo autorizado mediante el resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03, la diferencia entre ambas, resulta en **la superficie excedente total del proyecto**, para la cual se solicita autorización en materia de impacto ambiental.

### II.2.c.2 Superficie del trazo autorizado del tramo 2

La parte del trazo autorizado en materia de impacto ambiental del tramo 2 del proyecto Mitla – Tehuantepec, tiene autorizaciones en materia de CUSTF basadas en el ancho del derecho de vía (60 m) para la construcción de una carretera tipo A2.

Tabla II.14 Autorizaciones de cambio de uso de suelo en materia forestal

NÚMERO DE OFICIO RESOLUTIVO DE C.U.S.T.F.	SUPERFICIE Y CADENAMIENTO	MUNICIPIO DE UBICACION	TIPO DE VEGETACIÓN
SGPA/DGGFS/712/3564/11 (17/Nov/11)	8.869 ha del km 73+000 al km 75+650	San Pablo Villa de Mitla en el estado de Oaxaca.	Los tipos de vegetación que se afectaran son: Selva baja caducifolia, bosque de encino-pino y bosque de pino.
SGPA/DGGFS/712/0764/12 (15/Mar/12)	44.681 ha del km 75+650 al km 83+130	San Pedro y San Pablo Ayutla en el estado de Oaxaca.	Los tipos de vegetación que se afectarán son: bosque de encino-pino, bosque de encino y bosque de pino- encino.
SGPA/DGGFS/712/1693/11 (16/Jun/11)	231.215 ha del km 83+130 al km 122+018	Santo Domingo Tepuxtepec y San Pedro Quiatoni, en el estado de Oaxaca.	La vegetación por afectar corresponde a bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de encino y selva baja caducifolia.
SGPA/DGGFS/712/2271/12 (30/Jul/12)	Del km 122+018 al km 160+380	San Juan Juquila Mixes, San Carlos Yautepec y Nejapa de Madero en el estado de Oaxaca	La vegetación por afectar corresponde a selva baja caducifolia en diversos estados de conservación.
SGPA/DGGFS/712/0746/12 (13/Mar/12)	30.084 ha del km 160+380 al km 165+560	Santiago Lachiguiri en el estado de Oaxaca.	La vegetación por afectar corresponde a selva baja caducifolia en diversos estados de conservación.

<b>TOTAL</b>	<b>558.27 ha</b>
--------------	------------------

### II.2.c.3 Superficie excedente total del proyecto

El proyecto Mitla – Tehuantepec, Tramo 2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD requiere para su ejecución una superficie de 593.76 ha, sin embargo, la promovente cuenta con una autorización mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003 para 243 ha de las mencionadas, al encontrarse dentro del derecho de vía autorizado para el proyecto original. Por lo tanto, únicamente se requiere autorización para 350.76 ha que se presentan como superficie excedente total (SET) al proyecto autorizado y que es resultado de la suma de: Superficie excedente para eje troncal + Superficie excedente para infraestructura adicional + Superficie excedente para obras provisionales.

Tabla II.15 Superficies del proyecto

Concepto	Sup. dentro del DV*		Sup. excedente		Sup. Afectación
Eje troncal	236.82	+	186.21	=	423.03
Infraestructura adicional	6.18	+	21.74	=	27.92
Obras provisionales y asociadas	---	+	142.82	=	142.82
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	+	<b>350.76</b>	=	<b>593.76</b>

\* Superficie que cuenta con autorización mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003 (ver desglose por uso de suelo y vegetación en apartado II.2.c.3.2).

#### II.2.c.3.1 USUEV de la superficie excedente total del proyecto

La superficie excedente a la autorizada para el tramo 2, corresponde a 350.76 ha compuesta por 314.50 ha de terrenos forestales y 36.25 ha de terrenos no forestales, siendo la superficie de afectación máxima de selva baja caducifolia en estado primario, con 137.43 ha.

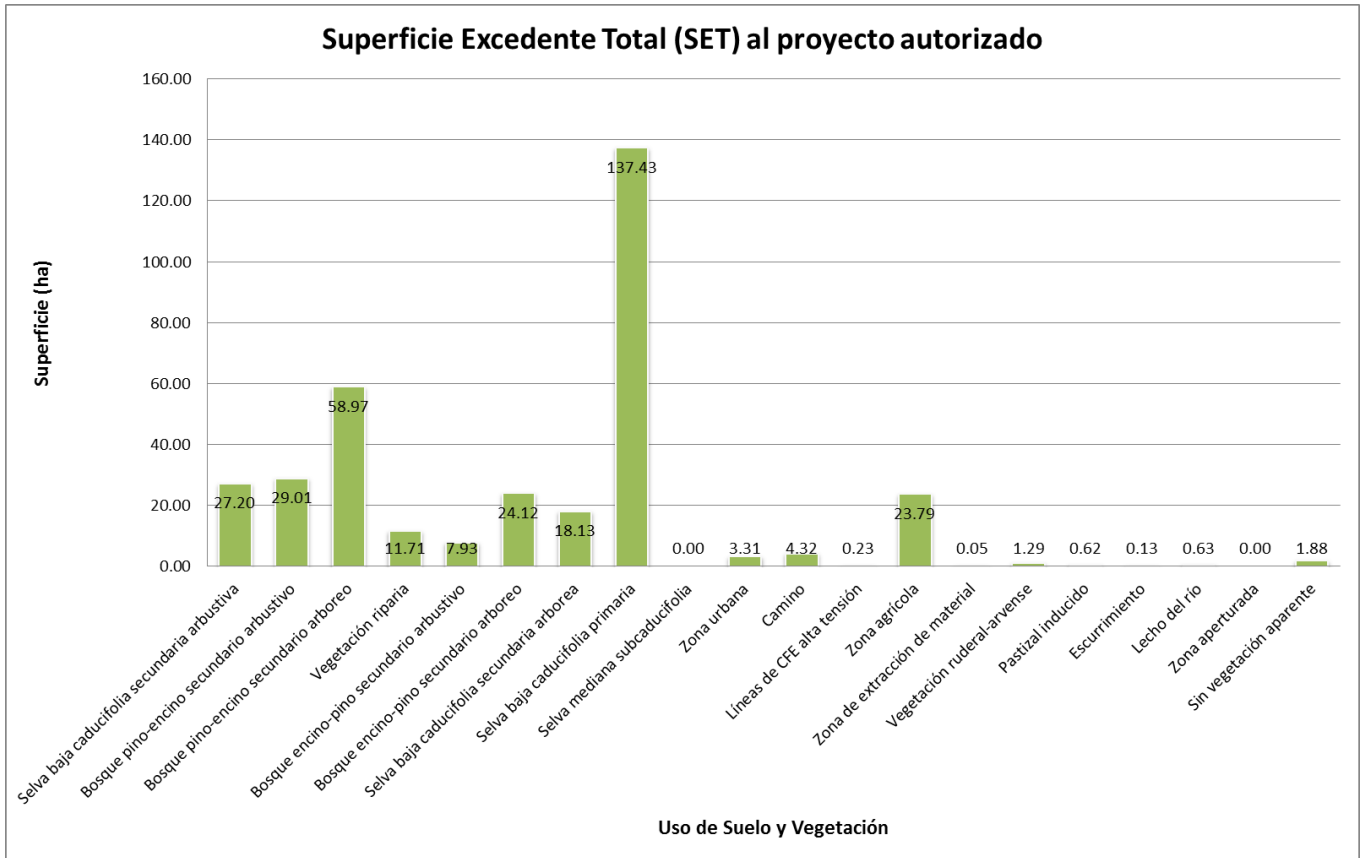


Imagen II.38

Representación gráfica de la Superficie Excedente Total por USUEV.

Tabla II.16

Superficie Excedente Total (SET) por USUEV

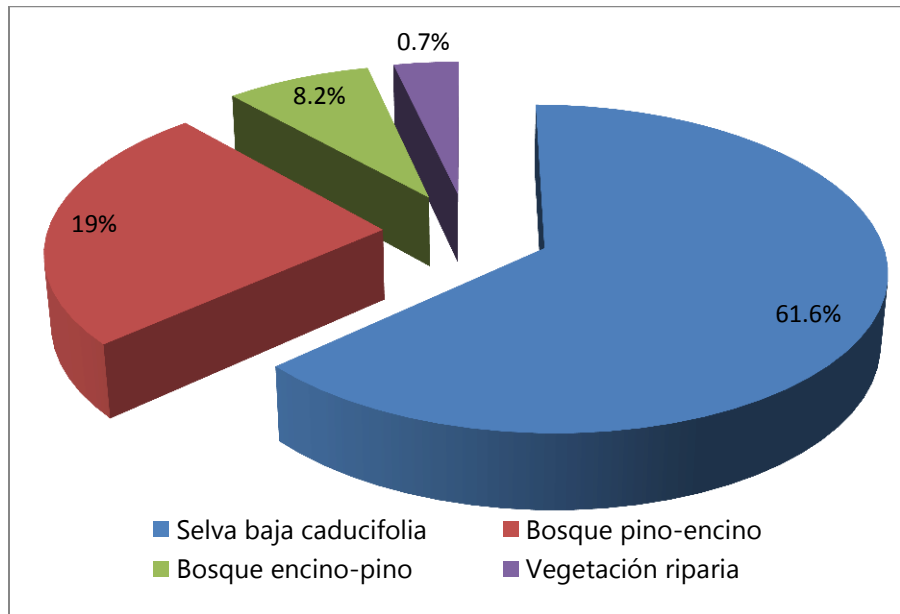
USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL /NO FORESTAL	EXCEDENTES			EXCEDENTES TOTALES (ha)
		EJE TRONCAL (ha)	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL (ha)	OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS (ha)	
Selva baja caducifolia primaria	FORESTAL 314.50 ha	59.32	5.29	72.82	137.43
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva		16.04	7.65	3.52	27.20
Selva baja caducifolia secundaria arborea		6.37	0.00	11.76	18.13
Bosque pino-encino secundario arboreo		36.92	2.21	19.84	58.97
Bosque pino-encino secundario arbustivo		18.77	0.59	9.65	29.01
Bosque encino-pino secundario arboreo		19.95	0.61	3.56	24.12
Bosque encino-pino secundario arbustivo		6.81	0.56	0.56	7.93

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FORESTAL /NO FORESTAL	EXCEDENTES			EXCEDENTES TOTALES (ha)
		EJE TRONCAL (ha)	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL (ha)	OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS (ha)	
Vegetación riparia		2.25	0.03	9.43	11.71
Selva mediana subcaducifolia		0.00	0.00	0.00	0.00
Zona urbana	NO FORESTAL 36.25 ha	0.96	0.20	2.16	3.31
Camino		2.24	1.93	0.15	4.32
Líneas de CFE alta tensión		0.23	0.00	0.00	0.23
Zona agrícola		14.53	2.44	6.83	23.79
Zona de extracción de material		0.05	0.00	0.00	0.05
Vegetación ruderal-arvense		1.05	0.24	0.00	1.29
Pastizal inducido		0.62	0.00	0.00	0.62
Escurrimiento		0.06	0.00	0.06	0.13
Lecho del río		0.04	0.00	0.59	0.63
Sin vegetación aparente		0.00	0.00	1.88	1.88

<b>186.21</b>	<b>21.74</b>	<b>142.82</b>	<b>350.76</b>
---------------	--------------	---------------	---------------

Las 314.50 ha pertenecientes a vegetación forestal se presentan distribuidas en los siguientes porcentajes:





El mayor porcentaje de superficie forestal lo ocupa la selva baja caducifolia, predominando la selva baja caducifolia en estado de conservación primario, le sigue el bosque de pino-encino y el bosque de encino-pino, por último se encuentra la vegetación riparia.

### II.2.c.3.2 USUEV de la superficie autorizada que se aprovechara

La superficie que se aprovechara corresponde a 243 ha, esta cantidad, está dentro del derecho de vía del trazo autorizado.

Tabla II.17 Superficie autorizada que se aprovechara por USUEV

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN (USUEV)	EJE TRONCAL	APROVECHARA PARA EJE TRONCAL	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL										TOTALES SUP. AFECTACIÓN	TOTALES SUP. APROVECHARA	
			ENTRONQUES	APROVECHARA PARA ENTRONQUES	PARADEROS	APROVECHARA PARA PARADEROS	RAMPAS	APROVECHARA PARA RAMPAS	PIV's	APROVECHARA PARA PIV's	MIRADOR	APROVECHARA PARA MIRADOR			
Selva baja caducifolia primaria	156.31	96.96	7.13	2.00						0.17	0.02			252.21	98.98
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	41.67	25.64	5.37	0.92	1.64	0.12	1.51	0.10				0.27		59.91	26.79
Selva baja caducifolia secundaria arbórea	9.41	1.11								0.00				29.53	1.11
Bosque pino-encino secundario arbustivo	27.25	8.47	1.01	0.47			0.41	0.37						33.00	9.31
Bosque pino-encino secundario arbóreo	51.63	14.64	2.60	0.50			0.23	0.12						57.33	15.26
Bosque encino-pino secundario arbustivo	7.20	0.39					0.56							7.76	0.39
Bosque encino-pino secundario arbóreo	23.11	3.16					0.49		0.12					24.01	3.16
Vegetación riparia	3.62	1.40	0.07	0.04										3.84	1.45
Selva mediana subcaducifolia	0.45	0.45												0.45	0.45
Zona urbana	0.95	0.00							0.20					1.62	0.00
Camino	3.58	3.34	0.81	0.08	0.09		0.09	0.01	1.07	0.03				5.67	3.47
Líneas de CFE alta tensión	0.26	0.02												0.26	0.02
Zona agrícola	19.86	5.32	2.97	1.04			0.77	0.30	0.05					34.52	6.67
Zona de extracción de material	0.13	0.07												0.13	0.07

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN (USUEV)	EJE TRONCAL	APROVECHARA PARA EJE TRONCAL	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL										TOTALES SUP. AFECTACIÓN	TOTALES SUP. APROVECHARA		
			ENTRONQUES	APROVECHARA PARA ENTRONQUES	PARADEROS	APROVECHARA PARA PARADEROS	RAMPAS	APROVECHARA PARA RAMPAS	PIV's	APROVECHARA PARA PIV's	MIRADOR	APROVECHARA PARA MIRADOR				
Vegetación ruderal-arvense	1.13	0.08	0.27	0.04	0.01										1.41	0.13
Pastizal inducido	0.62	0.00													0.62	0.00
Escurrimiento	0.10	0.04													0.12	0.04
Lecho del río	0.04	0.01													0.60	0.01
Zona aperturada	75.70	75.70													75.70	75.70
<b>TOTALES</b>	423.03	236.82	20.23	5.10	1.74	0.12	4.06	0.90	1.62	0.05	0.27	0.00		<b>588.71</b>	<b>243</b>	

### II.2.c.3.1 Superficie autorizada que no se aprovechara

De acuerdo al proyecto autorizado el trazo del tramo 2 del km 72+500 al km 165+000, tiene una superficie autorizada de 562.98 ha [correspondiente a 558.27 ha del derecho de vía de 60 m de ancho por 92.5 km de longitud, y 4.71 ha para el entronque (1) Santa María Albarradas]. Derivado de la sobreposición de las superficies que requiere el proyecto en su línea de ceros modificada para el eje troncal y para infraestructura adicional, se obtuvo una superficie de 321.47 ha, que cuenta con autorización, pero que los cambios al proyecto indican que no se aprovecharan.

## II.2.1 Programa de trabajo

Para la construcción del proyecto, se está estimando el siguiente calendario de trabajo:

CALENDARIO DE TRABAJO		MESES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO																							
CONCEPTOS DE OBRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS</b>	Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles	X	X																						
	Construcción de caminos de acceso al eje troncal	X	X	X																					
	Explotación de bancos de préstamo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Construcción de caminos de acceso a bancos de préstamo	X	X	X																					
	Uso de bancos de tiro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	Construcción de caminos de acceso a bancos de tiro	X	X	X																					
<b>TERRACERIAS</b>	Desmante	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Cortes																								
	<i>Despalme</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	<i>Excavaciones en corte</i>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	Terraplenes																								
	<i>Formación de terraplenes</i>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
<i>Construcción capa subyacente y subrasante</i>				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
<b>DRENAJE MENOR</b>	Construcción de obras de drenaje menor																								
	<i>Tubos de acero</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	<i>Losas</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	<i>Bóvedas</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Construcción de obras complementarias de drenaje																								
	<i>Cunetas</i>										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	<i>Contracunetas</i>										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	<i>Bordillos</i>										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Lavaderos</i>										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Continúa en siguiente página.....

CALENDARIO DE TRABAJO		MESES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO																							
CONCEPTOS DE OBRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTOS	Construcción de base hidráulica					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Aplicación de riego de impregnación					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Aplicación de riego de liga						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Construcción de la carpeta de concreto hidráulico						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Aplicación del riego de sello 3-E									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SEÑALAMIENTO	Colocación de Señalamiento Vial												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Señalamiento Horizontal												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PUENTES Y VIADUCTOS	Construcción de infraestructura				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	Construcción de subestructura					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Construcción de superestructura						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
TÚNELES	Excavación y tratamiento de los portales (entrada y salida)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
	Excavación del portal				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
	Excavación central					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Iluminación				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	Entronques				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Pasos inferiores vehiculares				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Pasos superiores vehiculares				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Paso superior peatonal											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Pasos superiores de personas y ganado											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Rampas de emergencia											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Paraderos															X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Mirador																X	X	X	X	X	X	X	X	

## II.2.2 Representación gráfica regional

Como se mencionó en el apartado II.1.3 Ubicación física del proyecto, este se encuentra sobre varios municipios (San Pablo Villa de Mitla, San Lorenzo Albarradas, San Pedro y San Pablo Ayutla, Santo Domingo Tepuxtepec, San Pedro Quiatoni, San Juan Juquila Mixes, San Carlos Yautepec, Nejapa de Madero y Santiago Lachiguiri) pertenecientes a 4 regiones económicas: Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra Sur e Istmo y a 4 distritos: Tlacolula, Mixe, Yautepec y Tehuantepec.

Tabla II.18 Ubicación del eje troncal a nivel región, distrito y municipio.

REGIÓN	DISTRITO	MUNICIPIO	CADENAMIENTOS		LONG. (km)
5 Sierra Norte	014 Mixe	San Pablo Villa de Mitla	72+500	75+400	2.9
8 Valles Centrales	020 Tlacolula	San Lorenzo Albarradas	75+400	75+600	0.2
5 Sierra Norte	014 Mixe	San Pedro y San Pablo Ayutla	75+600	79+500	3.9
		Santo Domingo Tepuxtepec	79+500	83+700	4.2
		San Pedro y San Pablo Ayutla	83+700	86+900	3.2
		Santo Domingo Tepuxtepec	86+900	101+900	15.0
8 Valles Centrales	020 Tlacolula	San Pedro Quiatoni	101+900	115+500	13.6
		Límite entre San Pedro Quiatoni y San Juan Juquila Mixes	115+500	119+500	4.0
8 Valles Centrales	020 Tlacolula	San Pedro Quiatoni	119+500	123+400	3.9
6 Sierra Sur	027 Yautepec	San Juan Juquila Mixes	123+400	130+600	8.5
		San Carlos Yautepec	130+600	143+700	13.1
		Nejapa de Madero	143+700	152+100	8.4
3 Istmo	028 Tehuantepec	Santiago Lachiguiri	152+100	165+838.37AT=165+000AD	13.7



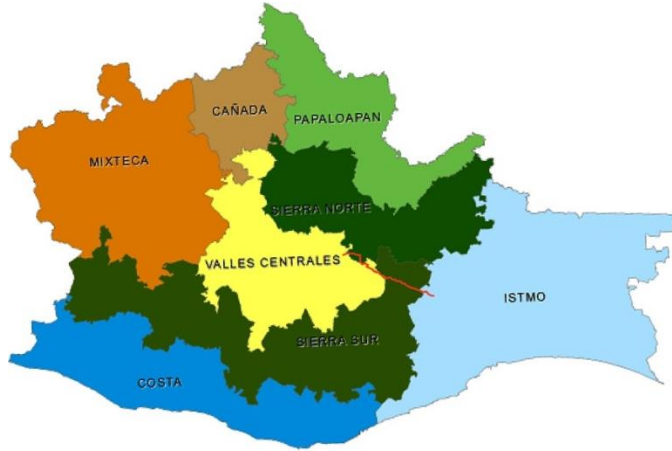


Imagen II.39 Ubicación del proyecto respecto a las regiones económicas del estado de Oaxaca

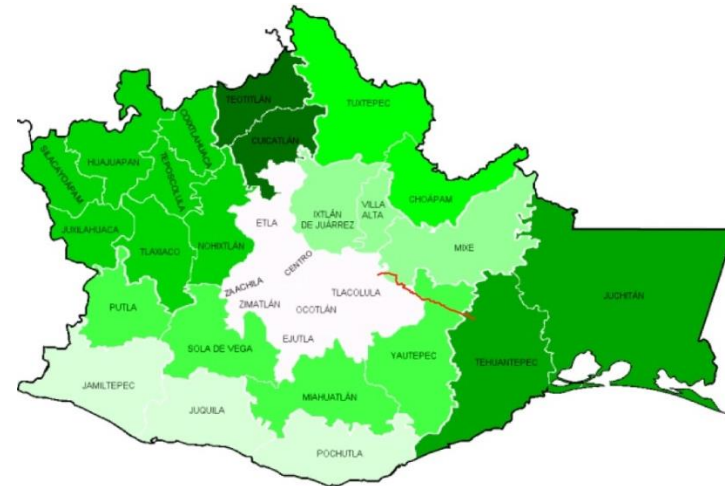


Imagen II.40 Ubicación del proyecto respecto a los distritos del estado de Oaxaca

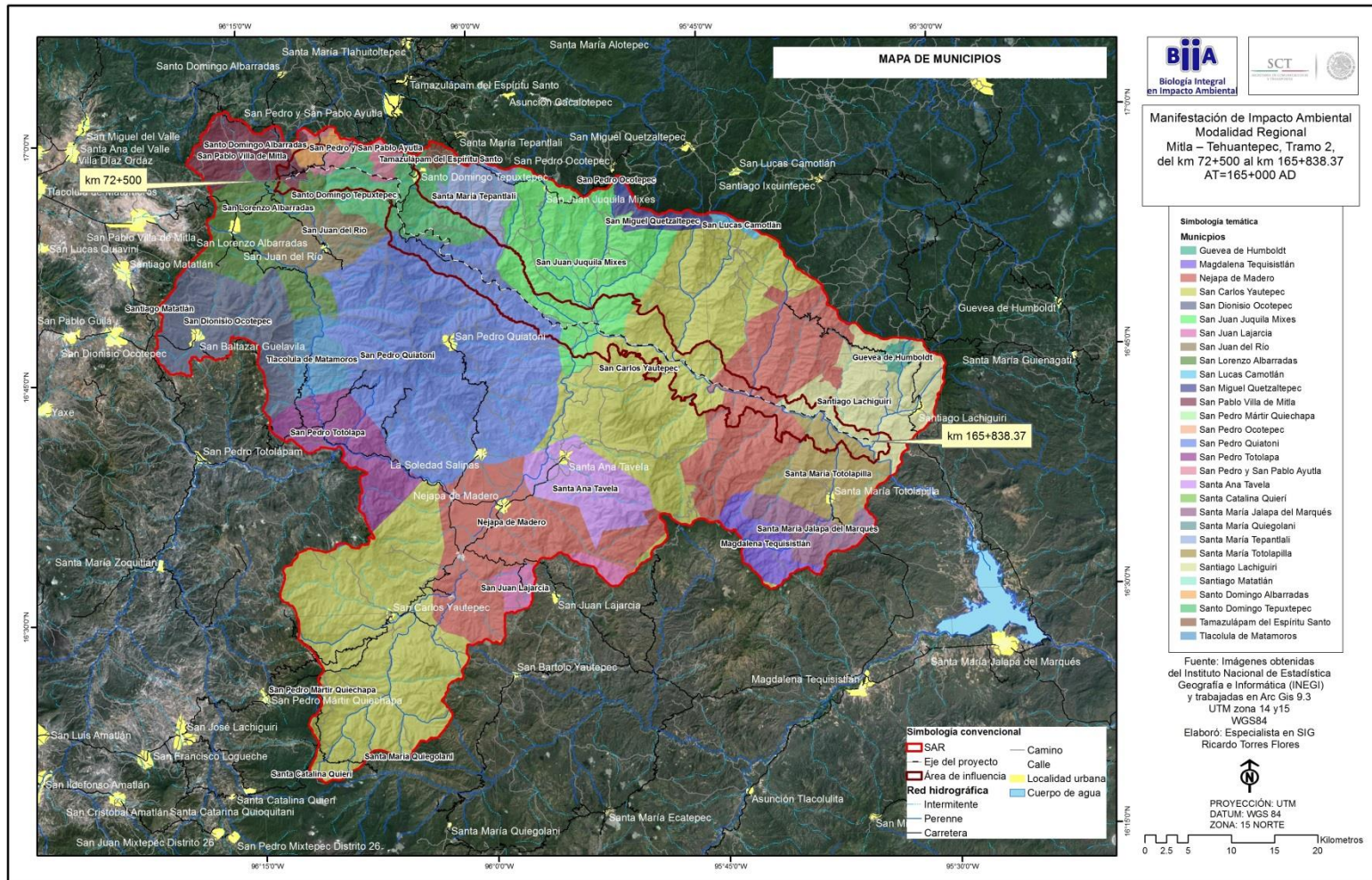


Imagen II.41

Ubicación del proyecto respecto a los municipios sobre los que se ubica el SAR y el trazo

En cuanto a la ubicación del eje troncal, este se encuentra en una zona que presenta vestigios arqueológicos que han sido revisados y analizados por la Dirección de Salvamento Arqueológico del INAH, entre los años 2008-2010, los resultados de la localización de estas zonas arqueológicas se presentan a continuación:

#### **Temporada de campo de agosto a noviembre de 2008**

- En el subtramo del km 64+000 al km 85+000 se detectaron 8 sitios de interés en el eje del trazo, el más relevante tiene por nombre “**El Magueyal**” (km 76+640 al km 77+285; UTM: 0801966E, 1878164N), corresponden a una aldea del periodo Posclásico (900 a 1500 d.C.).
- Del km 105+000 al km 177+000, se detectaron 23 sitios arqueológicos de diferentes características, desde material en superficie hasta asentamientos complejos. Destacan los “sitios-fortaleza”: **Aguascalientes/Quiavicuzas, el Frijol/Aguascalientes y Chilavala**, ubicados en altos peñascos formados por la desembocadura de los ríos del mismo nombre sobre el Tehuantepec. Los sitios corresponden temporalmente al periodo Clásico tardío (750 a 900 d.C.), de ellos en 2009 solo se excavó el Chilavala, donde se descubrieron muros de terrazas y amplias habitaciones.

#### **Temporada de campo de marzo a mayo de 2010**

- Del km 85+000 al km 105+000, no se localizó evidencia arqueológica.
- Del km 125+000 al km 128+000, que corresponde a las inmediaciones del pueblo de Santo Domingo Narro, se detectaron 19 puntos de interés; 12 con arquitectura, que no serán afectados por la obra directamente, 2 están sobre el eje del trazo, pero se trata de cerámica dispersa depositada por arrastre; también se consideraron 5 puntos que al parecer son antiguos bancos de material. Con la prospección detallada también se definió que la extensa zona de vestigios arqueológicos que cubre el pueblo de Santo Domingo Narro y sus alrededores corresponde a varios sitios 4 de ellos extensos y complejos llamados (*estos sitios no serán afectados directamente por el eje del trazo*):
  - El Panteón centro ceremonial que ocupa 400 m de largo por 200 m de ancho, con montículos de hasta 10 m de alto; amplias plataformas y un juego de pelota. Se ubica en el actual panteón municipal (UTM: 0192700E, 1857500N).
  - El Temporal, centro ceremonial que abarca 300 m de largo por 200 m de ancho, con un juego de pelota de 20 m de largo y plataformas habitacionales. Se ubica cerca de la confluencia de los ríos Juquilita y Tehuantepec (UTM 193704E, 1858243N).
  - El Mapache, centro ceremonial de 100 m de largo por 500 m de ancho (UTM: 194390E, 1857880N)
  - Sin Nombre, centro ceremonial de 200 m de largo por 100 m de ancho (UTM: 194140E, 1858460N).

- En la prospección del segmento del km 145+000 al km 160+000, entre el km 155+000-155+500, se detectó un asentamiento relevante con características de los sitio-fortaleza registrados a lo largo del río Tehuantepec. Se denominó **“La Campana”**, y lo conforman montículos, plataformas y muros de contención sobre las barrancas; los edificios principales están en las coordenadas UTM: 0216903E, 1846995N; 0216874E, 1846856N; 0216940E, 1846868N y 0616948E, 1846868N.
- En el sitio **“Chilavala”**, ubicado entre el km 164+500 y 165+000, se realizaron nuevos sondeos en áreas cerca del eje del trazo y donde presumiblemente llegara el puente que cruzara el río Chilavala; en ellas se descubrieron otras áreas habitacionales y un altar y otros inmuebles de carácter ceremonial; con esculturas asociadas.
- En los sitios **“Aguascalientes/Quiavicuzas”**, que se ubica del km 137+500 al km 138+500 (UTM: 0203310E, 1854020N) y en **“El Frijol/Aguascalientes”**, comprendido del km 160+000 al km 160+500, no fue posible excavar los sitios, por la dificultad de los acceso a ambos sitios.

Por la presencia de estos vestigios arqueológicos, y la ubicación y distribución del proyecto, el INAH, a través, de su Coordinador de Salvamento Arqueológico, dictaminó necesario realizar varias restricciones y recomendaciones (ver Capítulo VI, Apartado VI.2.9, Medida M46), que deberán ser llevadas a cabo por la Promovente, y hacer del conocimiento de sus empresas concesionarias y contratistas.

**NOTA: Los mapas de ubicación de las zonas arqueológicas y del proyecto se encuentran en el capítulo VIII del apartado VIII.2.2 Anexo digital de cartografía temática del proyecto.**



## II.2.3 Representación gráfica local

En el Capítulo VIII apartado VIII.1.1 Cartografía se presenta la información correspondiente, que incluye los **Mapas de distribución física del proyecto** (eje troncal), así como la ubicación de las obras de infraestructura adicional y obras provisionales y asociadas; así como los polígonos de las superficies de cambio de uso de suelo que requiere el proyecto. En la información del apartado VIII.2, Anexos digitales del capítulo II, se adjuntan los archivos de las coordenadas UTM del proyecto.

Tabla II.19 Listado de ubicación de obras del proyecto a nivel municipal

MUNICIPIO	EJE TRONCAL		OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	NÚMERO DE MAPA
	LONG.(km)	CAD.		
San Pablo Villa de Mitla	2.9	Km 72+500 al km 75+400	Entronque (1) Albarradas (km 72+963.57)	1
San Lorenzo Albarradas	0.2	Km 75+400 al km 75+600	///	2
San Pedro y San Pablo Ayutla	3.9	Km 75+600 al km 79+500	Viaducto 1 (km 77+807)	3
Santo Domingo Tepuxtepec	4.2	Km 79+500 al km 83+700	Viaducto 2 (km 80+850) Rampa 1 (km 81+200) PSV 1 (km 81+340) PSV 2 (km 82+080) PSV 3 (km 83+300)	4
San Pedro y San Pablo Ayutla	3.2	Km 83+700 al km 86+900	PSV 4 (km 83+892)	5
Santo Domingo Tepuxtepec	15.0	Km 86+900 al km 101+900	Viaducto 3 (km 87+377) Viaducto 4 (km 87+763) Viaducto 5 (km 88+138) Viaducto 6 (km 88+546) Viaducto 7 (km 88+834) Rampa No. 2 (km 90+000) Entronque (2) Tepuxtepec (km 90+572 ) PIV 1 (km 92+445) PIV 2 (km 92+950) Puente 1 (km 97+622) Puente 2 (km 97+850) PIV 3 (km 98+422)	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

MUNICIPIO	EJE TRONCAL		OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	NÚMERO DE MAPA
	LONG.(km)	CAD.		
			Puente 3 (km 99+082) PIV 3A (km 101+242 ) PIV 4 (km 101+679) Puente 4 (km 101+836)	
San Pedro Quiatoni	13.6	Km 101+900 al km 115+500	Túnel 1 (km 101+903 – km 102+050 ) Puente 5 (km 102+210) PIV 5 (km 102+570) Puente 6 (km 103+246) PIV 6 (km 103+720) Puente 7 (km 103+925) Puente 8 (km 105+574) PIV 8 (km 105+700) Puente 10 (km 108+635.65) Puente 9 (km 108+689) Puente 11 (km 109+709) Puente 12 (km 110+239) Puente 13 (km 111+000) Puente 14 (km 111+546) Puente 15 (km 111+945) Viaducto 8 (km 115+177) Rampa No. 3 (km 115+200)	13, 14, 15, 16, 17
Límite municipal entre San Pedro Quiatoni y San Juan Juquila Mixes	4.0	Km 115+500 al km 119+500	PSPyG 1 (km 115+750) Paradero No. 1 (km 106+360) PSPyG 2 (km 116+570) Paradero No. 2 (km 116+900) Viaducto 9 (km 117+800) PIV 9 (km 119+250)	18, 19
San Pedro Quiatoni	3.9	Km 119+500 al km 123+400	Puente 16 (km 119+820) Puente 17 (km 120+100) Puente 18 (km 120+650) Puente 19 (km 120+858)	20
San Juan Juquila Mixes	8.5	Km 123+400 al km 130+600	PSPyG 3 (km 123+620) Paradero No. 3 (km 123+680) Puente 20 (km 124+306)	21, 22, 23, 24



MUNICIPIO	EJE TRONCAL		OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	NÚMERO DE MAPA
	LONG.(km)	CAD.		
			PSPyG 5 (km 124+730) Rampa No. 4 (km 125+000) Mirador Acatlancito (km 125+440) PSP 4 (km 125+420) Paradero No.4 (km 526+460) Puente 54 (km 125+660) Puente 21 (km 126+320) Entronque (3) Narro (km 126+645) Parador Integral Narro (km 1+120 del eje 1 del entronque Narro) Puente 22 (km 526+640)	
San Carlos Yautepec	13.1	Km 130+600 al km 143+700	Puente 23 (km 130+865) Puente 24 (km 131+320) Puente 25 (km 132+120) Puente 26 (km 132+440) Puente 27 (km 132+840) Puente 28 (km 133+300) Viaducto 11 (km 133+650) Puente 29 (km 134+080) Puente 30 (km 134+760) Puente 31 (km 135+330) Puente 32 (km 135+420) Puente 33 (km 136+420) Puente 34 (km 138+170) Puente 35 (km 138+970) Puente 36 (km 139+460) Puente 37 (km 140+980) Puente 38 (km 141+630) Viaducto 10 (km 141+860) Túnel 2 (km 141+949 – km 142+059) Puente 39 (km 142+380) Puente 40 (km 142+840) Puente 41 (km 143+200)	25, 26, 27, 28, 29, 30

MUNICIPIO	EJE TRONCAL		OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	NÚMERO DE MAPA
	LONG.(km)	CAD.		
Nejapa de Madero	8.4	Km 143+700 al km 152+100	Puente 42 (km 143+830) Túnel 3 (km 544+177 – km 544+379) Puente 44 (km 545+340) Puente 45 (km 545+820) Puente 43 (km 546+280) Puente 46 (km 147+800) Entronque (4) Lachixila (km 148+118) Puente 47 (km 149+040) Puente 48 (km 152+060)	30, 31, 32, 33
Santiago Lachiguiri	13.7	Km 152+100 al km 165+838.37AT=165+000AD	Puente 49 (km 152+840) Puente 50 (km 154+300) Puente 51 (km 158+650) Puente 52 (km 158+820) Entronque (5) Totolapilla (km 160+821) Puente 53 (km 161+200)	34, 35, 36, 37, 38, 39

## II.2.4 Preparación del sitio y construcción

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción el espacio que va a transformar el proyecto es lo correspondiente a la superficie de línea de ceros del eje troncal del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD y a lo requerido para obras provisionales y asociadas, obras de infraestructura adicional, puentes, viaductos y túneles.

Esta etapa se constituye de las siguientes actividades:

Tabla II.20 Conceptos de obra del proyecto

CONCEPTOS DE OBRA	DESGLOSE DE LAS ACTIVIDADES
OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles</li> <li>▪ Construcción de caminos de acceso</li> <li>▪ Explotación de bancos de préstamo</li> <li>▪ Uso de bancos de tiro</li> </ul>
TERRACERIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desmonte</li> <li>▪ Cortes               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Despalme</li> <li>▫ Excavaciones en corte</li> </ul> </li> <li>▪ Terraplenes               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Formación de terraplenes</li> <li>▫ Construcción capa subyacente y subrasante</li> </ul> </li> </ul>
DRENAJE MENOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de obras de drenaje menor</li> <li>▪ Construcción de obras complementarias de drenaje (cunetas, contracunetas, bordillos y lavaderos)</li> </ul>
PAVIMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de base hidráulica</li> <li>▪ Aplicación de riego de impregnación</li> <li>▪ Aplicación de riego de liga</li> <li>▪ Construcción de la carpeta de concreto hidráulico</li> <li>▪ Aplicación del riego de sello 3-E</li> </ul>
SEÑALAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colocación de Señalamiento Vial (Señales Preventivas, Restrictivas, Informativas)</li> <li>▪ Señalamiento Horizontal</li> </ul>
PUENTES Y VIADUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de infraestructura</li> <li>▪ Construcción de subestructura</li> <li>▪ Construcción de superestructura</li> </ul>
TÚNELES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excavación y tratamiento de los portales (entrada y salida)</li> <li>▪ Excavación del portal</li> <li>▪ Excavación central</li> <li>▪ Iluminación</li> </ul>
OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entronques</li> <li>▪ Pasos inferiores vehiculares</li> <li>▪ Pasos superiores vehiculares</li> <li>▪ Paso superior peatonal</li> <li>▪ Pasos superiores de personas y ganado</li> <li>▪ Rampas de emergencia</li> <li>▪ Paraderos</li> <li>▪ Mirador</li> </ul>

## **II.2.4.1 Obras provisionales y asociadas**

### **II.2.4.1.1 Caminos de acceso para el eje troncal**

El eje troncal desde el km 72+500 al km 107+000 y del km 125+000 al km 128+000 cruza con varias terracerías y brechas de camino que servirán como accesos a los frentes de trabajo que se determinen en estos kilómetros.

Del km 107+000 al km 125+000 no existen brechas que crucen el eje troncal, pero la Promovente tiene planeado abrir caminos de acceso dentro de la superficie autorizada mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 (ver apartado II.2.4.1.1.a).

El trazo del eje troncal del km 128+000 al km 165+838.37AT=165+000AD se vuelve complicado en su accesibilidad, por lo tanto, se avanzará conforme al eje y solamente en el considerando de que se requiera acceder a una estructura especial, como puente o viaducto, se abrirán accesos que deberán considerar afectar en lo menor posible vegetación forestal y cortes excesivos (ver apartado II.2.4.1.1.b).

#### ***Caminos de acceso dentro de la superficie del derecho de vía del trazo autorizado***

Los caminos de acceso para la construcción del eje troncal, se realizarán de manera preferente dentro del derecho de vía autorizado, y serán habilitados de la siguiente manera:

Tendrán un ancho aproximado de 6 m, con cunetas laterales para el encauzamiento del agua de lluvia y obras de drenaje menor mediante tubería de las dimensiones necesarias para no afectar los escurrimientos de agua, durante el desmonte del sitio, las ramas menores serán acomodadas de manera perpendicular a los árboles aledaños en la zona lateral inferior del derecho de vía o línea de ceros, con la finalidad de evitar la erosión de materiales finos hacia los escurrimientos y la rápida integración de la materia orgánica al suelo.

La superficie del camino de acceso será acondicionada para permitir el adecuado y seguro tránsito de vehículos y camiones necesarios para la construcción, tendrán una pendiente máxima del 6% y se construirán con el material producto de corte; para su revestimiento no serán utilizados materiales asfálticos.

Conforme a las condiciones presentes en el sitio de los trabajos, estos caminos se realizarán preferentemente en las superficies que presenten menor vegetación arbórea; previo a su apertura se aplicarán los programas ambientales que están vigentes para el trazo autorizado y que se relacionan con la protección y rescate de la flora y fauna.

En el caso de la flora, se llevará a cabo el rescate de especies protegidas enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y una vez que sean concluidos los trabajos y no sea necesario el camino de acceso provisional, estas especies serán reubicadas en las superficies aledañas al derecho de vía, vigilando su buena adaptación al medio y asegurar su supervivencia.

### ***Camino de acceso fuera de la superficie autorizada***

En el subtramo paralelo al río (del km 128+000 al km 165+838.37AT=165+000AD) existirán sitios de trabajo, que por las características de las obras y de la topografía del terreno natural no sea posible construir los caminos de acceso dentro del derecho de vía autorizado; por lo tanto, se tiene planeado habilitar de manera temporal caminos fuera del mismo y permanecerán en operación mientras dure la construcción de las obras del proyecto en estos kilómetros.

Para la construcción de caminos de acceso fuera del derecho de vía se tienen 2 opciones:

#### **a) Camino de acceso utilizando la superficie lateral del río**

En este caso el camino será construido de manera provisional sobre la superficie que represente la menor pendiente, la menor distancia entre el derecho de vía y la zona lateral del río, y en los sitios con menor presencia de especies arbóreas. La superficie lateral del río, se habilitará utilizando el material presente en el sitio. En caso de tener la necesidad de cruzar el lecho del río, se habilitaran pasos provisionales utilizando tubería de concreto armado con los diámetros necesarios para no interrumpir el flujo del agua, estas tuberías serán retiradas una vez concluidos los trabajos de construcción del proyecto.

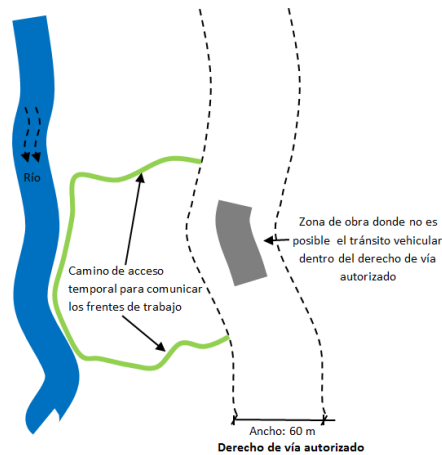


Imagen II.42 Camino de acceso fuera del derecho de vía, utilizando la superficie lateral del río

#### **b) Caminos de acceso utilizando otras superficies fuera del derecho de vía**

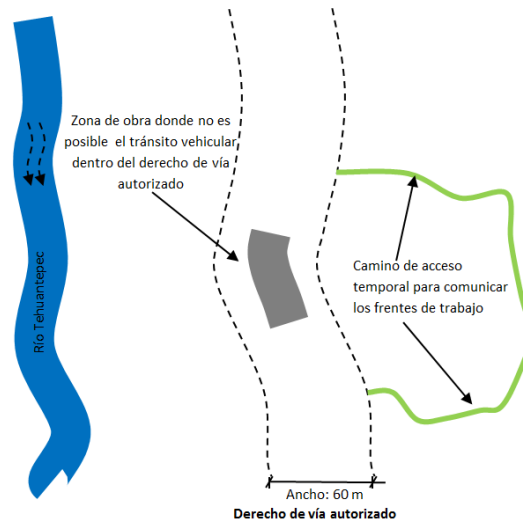


Imagen II.43 Camino de acceso fuera del derecho de vía, utilizando otras superficies fuera del DV.

Cuando en el caso de que exista flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se llevará a cabo el rescate de especies protegidas o en peligro de extinción conforme a la normativa aplicable y una vez que sean concluidos los trabajos y no sea necesario el camino de acceso provisional, estas especies serán reubicadas dentro de la misma superficie afectada.

Al final de los trabajos la superficie utilizada como camino de acceso provisional será restaurada con especies nativas de la región y con las especies rescatadas antes de su construcción, previo a esto se aflojará la superficie con equipo mecánico.

### ***Dimensiones de caminos de acceso fuera del derecho de vía del trazo autorizado***

Para realizar las obras en el subtramo del km 128+000 al km 165+838.37AT=165+000AD, es necesario la construcción de aproximadamente 7.12 km de caminos de acceso provisionales con un ancho promedio de 6 m, donde se prevé que durante la construcción de éstos, se afecte 1 m en cada lado del camino de acceso, por lo que se afectaría un ancho total promedio de 8 m; con estos datos se obtiene una superficie a afectar para caminos de acceso fuera del derecho de vía autorizado de aproximadamente 4.89 ha de las cuales 4.61 ha de vegetación forestal de selva baja caducifolia, las cuales, serán restauradas con especies nativas de la región, conforme se vayan terminando los trabajos de construcción de la carretera y no sea necesaria su utilización.

**NOTA:** Los caminos de acceso para bancos de préstamo se presentan en el apartado II.2.4.1.3. En los anexos se presentan los mapas con la ubicación de los caminos de acceso.



### ***Procedimiento constructivo de los caminos de acceso***

**Liberación y autorización de los predios.** Previo al inicio de la preparación o mejoramiento de caminos de acceso es necesario establecer acuerdos y/o convenios con los propietarios de los predios. Verificación del trazo del camino de acceso por parte de la brigada de topografía. Se toman fotografías del predio para que sirvan como soporte para los trámites y/o permisos necesarios.

**Preparación del sitio y construcción.** Antes de iniciar esta etapa se deben aplicar las medidas de mitigación y preventivas para la conservación y protección de especies de flora y fauna presentes en los sitios de trabajo. Una vez liberado y autorizada el área a utilizar como camino de acceso se procede a mejorarlo en base a los datos de las pendientes longitudinales definitivas. El operador del tractor por instrucciones del sobrestante da inicio al mejoramiento del camino de acceso compensando los cortes y terraplenes, de ser necesario se utiliza una retroexcavadora para evitar que los materiales removidos caigan en las pendientes presentes a la orilla de los caminos, evitando con esto el balconeo del material. Con la motoconformadora se uniformiza el camino de acceso dando las pendientes transversales y dejando adecuadamente la superficie de rodamiento para que sea compactada. En caso de ser necesario, se procede a colocar la capa de revestimiento, utilizando material en greña de banco de préstamo, conformando una capa de 20 cm de espesor aproximadamente, a la cual, se le incorpora agua en sitio para su compactación. En donde sea necesario, se colocara un cercado con postes de concreto y alambre de púas, con la finalidad de no afectar los sitios cercanos y controlar el tránsito de personas y/o fauna hacia el camino de acceso.

**Obras de drenaje y complementarias.** La brigada de topografía indicara y trazará en campo las obras de drenaje necesarias para encausar los escurrimientos de agua. Se realiza la excavación a la profundidad necesaria y se colocan los tubos de concreto sobre una plantilla de material granular uniformemente nivelada con su pendiente longitudinal, se rellena, dejando un colchón de 60 cm arriba del lomo del tubo de concreto, la compactación del relleno se realiza con un apisonamiento manual por las costillas del tubo y superficialmente arriba del lomo del tubo con el compactador de rodillo liso. Los subdrenes se proyectan en los subtramos donde haya escurrimientos de agua sobre el talud en la longitud necesaria.

**Restauración del sitio.** Una vez concluidos los trabajos que motivaron la adecuación provisional del camino de acceso, se procede a retirar los materiales de mejoramiento del predio, tales como: material de mejoramiento, cunetas, etc. Se realizará la restauración del sitio de acuerdo a las medidas de mitigación y/o lo convenido con los propietarios de los predios utilizados, así como lo que indique la resolución de impacto ambiental.

**Disposiciones de seguridad y medio ambiente.** Todo el personal que labore en estas actividades deberá contar con el equipo de protección personal necesario. En el desarrollo del camino de acceso se colocaran letreros informativos, indicando las medidas de seguridad y de protección al medio ambiente

necesarias. Se concientizará al personal obrero con pláticas sobre las medidas de seguridad y protección al ambiente que se tengan en el sitio.

#### **II.2.4.1.2 Bancos de tiro**

Para este concepto, la Promovente, está considerando, 51 bancos de tiro, los cuales, son necesarios para la construcción del tramo 2 de la carretera Mitla – Tehuantepec, debido a que se requieren sitios donde colocar el material residual de los cortes.

**Localización y determinación de la superficie del banco de tiro.** Los bancos de tiro preferentemente se ubican fuera del derecho de vía. Se debe contar con la aprobación por parte de los propietarios de los predios y de las autoridades comunales en caso de ser necesario, para el uso como banco de tiro. La ubicación se determinó de acuerdo a criterios técnicos y ambientales, a fin de tener mínimas afectaciones al medio ambiente.

**Liberación de predios.** Previo al inicio de las actividades del banco de tiro que corresponda, se efectuará el convenio y/o acuerdo con los propietarios de los terrenos a utilizar para evitar controversias posteriores. El área de topografía realiza el levantamiento topográfico correspondiente, determinando la superficie, el volumen del material de relleno que se dispondrá y el proyecto constructivo definitivo de dicho banco, posteriormente se documenta el predio mediante fotografías que sirvan como soporte para los trámites y/o permisos necesarios. Se informa a la SCT y a las autoridades ambientales en caso de que aplique, sobre la ubicación, superficie y condición natural del banco de tiro.

**Preparación del sitio y construcción.** El material producto de la excavación es transportado con camiones hasta el banco de tiro. Se inicia el vaciado en la zona más baja y se registra el viaje y cantidad del material recibido, con un tractor s/orugas se extiende y se conforma formando capas de 50 cm, sucesivamente hasta lograr el nivel proyectado por topografía.

**Rehabilitación del sitio.** Una vez concluidas las actividades de acarreo y conformación del material de relleno en el banco, se procede a la reincorporación de capa de suelo vegetal de acuerdo a lo pactado en el convenio y/o acuerdo con los propietarios de los predios.

##### ***II.2.4.1.2.1 Justificación de bancos de tiro en zona restringida (paralela al río Tehuantepec)***

Debido a las restricciones que indica el proyecto para la ubicación de bancos de tiro dentro de la zona que se ubica entre el km 125+000 y el km 165+000, lo cual, obliga a utilizar bancos de tiro fuera de

estos cadenamientos; a continuación se indican los argumentos para la utilización de los bancos dentro de la zona restringida.

Se ha determinado utilizar como banco de desperdicio algunas áreas cercanas al trazo carretero dentro de la zona restringida (paralela al río Tehuantepec), debido a que hacerlo fuera de esta zona, se afectaría considerablemente al medio ambiente, se vería más afectado la flora, fauna y cuerpos de agua, debido a que se necesitarían más camiones por ser una distancia teórica en promedio de 35 km.

Para satisfacer esta distancia se ocuparía un promedio de 270 camiones para la actividad de acarreo de material que implicaría tener consecuencias tales como:

- Mayor generación de monóxido de carbono, por el funcionamiento de las máquinas de combustión de los Camiones.
- Dichas unidades al no ser unidades nuevas, se correría el riesgo que se presente mal funcionamiento y que dichas unidades requieran la reparación en los propios caminos de acceso dentro de la zona de obra, exponiéndose a fugas de aceites, derrames de combustible, grasas, basura, llantas, que alterarían los ecosistemas propios de la región.
- Se consumiría mayores cantidades de agua para el riego de caminos y evitar los polvos fugitivos generados por el paso de camiones
- Por ser trayectos más largos se produciría la dispersión de partículas solida conocidas como polvo Fugitivo que afectaría la vegetación, alterando los ciclos biológicos, la productividad de los ecosistemas, se tendría de construir mayor infraestructura provisional lo cual obstaculizaría los escurrimientos naturales que alimentan a la presa Lic. Benito Juárez.
- Construir más caminos de acceso o ampliarlos impactaría de forma negativa la flora y fauna. Se fomentaría la migración hacia los terrenos colindantes debido a que los pobladores lo utilizarían para siembra, pastoreo y difícilmente apoyarían a la remediación de estos caminos al término de la actividad de construcción.

La elección de cada uno de los bancos de desperdicio, es una decisión a conciencia de cooperar con las medidas de mitigación actuales para no dañar, ni transformar el entorno. La propuesta de ubicación de los bancos de desperdicio con una distancia promedio de 3 km, nos conlleva a diversos factores a favor del cuidado del medio ambiente como:

- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, por lo tanto, se tendría un número promedio de 60 camiones para cumplir con un ciclo de acarreo.
- El tiempo de ejecución del proyecto disminuiría satisfactoriamente a favor del entorno natural, social y cultural.
- El construir menos caminos de acceso, afecta de manera positiva y disminuye de manera significativa el consumo de agua, la deforestación y la erosión del suelo.
- Se tendría alternativa de remediación debido a que el área destinada como banco de desperdicio y caminos de acceso, es una opción de trabajo de campo para las comunidades aledañas dada la cercanía y la conectividad de los sitios elegidos como bancos de desperdicio.

### Requisitos de alta especificación para bancos de tiro

Derivado de los cortes y del material sobrante producto de las actividades constructivas, se ubican sitios para la disposición final de material (bancos de desperdicio), para la elección de estos sitios se han tomado en cuenta siempre las normas, reglamentos, los propietarios, las comunidades y autoridades de los núcleos agrarios, estos sitios se tratan de ubicar en zonas ya impactadas y/o alteradas con vocación ganadera y agrícola, también son sitios que se encuentran cercanos al trazo y con menores pendientes, lo que facilita el acomodo horizontal y expandido del material, y con ello facilitar las acciones de restauración ecológica que se realicen en los mismos. La selección de los sitios para bancos de desperdicio se hace conforme a lo siguiente:

- Que los sitios estén libres de vegetación arbórea o con vegetación perturbada y si existe vegetación cumplir con la normativa y los procedimientos establecidos para el retiro de esta.
- Sitios donde no existan especies bajo categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2011.
- Sitios que no afecten cauces de agua.
- Técnicamente deben de ser sitios cercanos a donde se extraerá el material excedente, lo anterior reducirá impactos al reducirse la distancia de acarreo.
- Una de las etapas importantes a realizar después de que se termina de utilizar el sitio es la restauración y reforestación de común acuerdo con los propietarios y/o autoridades agrarias.



Imagen II.44

Banco de desperdicio desprovisto de vegetación, Km. 167+100





Imagen II.45 Banco de desperdicio desprovisto de vegetación, Sitio de tiro Km. 164+860



Imagen II.46 Sitio alterado con vocación agrícola, sitio de tiro cercano al proyecto, Km. 161+300

Antes de iniciar cualquier actividad de depósito de material en los sitios se cumple con lo siguiente:

- Se lleva a cabo el cumplimiento de los procedimientos, para el cuidado de la flora y fauna y el manejo de los residuos forestales; se realiza rescate, reubicación ahuyentamiento y protección de especies.
- Desmante con medios mecánicos, manuales como es motosierras y machetes, se realiza el retiro de arbolado y se trocea en fracciones pequeñas orillando los residuos sobre el DDV donde los pobladores lo retiran para su aprovechamiento.
- Troceo y picado de ramas

- Despalme, retirando suelo orgánico el cual se mezcla con ramas, este material forestal es conservado y acamellonado en sitios definidos dentro de las áreas de construcción ya que dichos residuos serán utilizados para cubrir algunos de los taludes o sitios desprovistos de vegetación que ya no se verán modificados.



Imagen II.47 Rescate de flora, sitio de tiro Km. 152+000



Imagen II.48 Troceo en fracciones pequeñas y con medios mecánicos





Imagen II.49 Troceo y picado de residuos forestales



Imagen II.50 Despalme y acopio de suelo fértil con ramas para arropo de sitios desprovistos de vegetación



Imagen II.51 Arrime de residuos forestales para aprovechamiento de los pobladores



Imagen II.52 Aprovechamiento de residuos forestales por los pobladores.

Durante las actividades de depósito de material en los bancos de desperdicio, se consideran medidas preventivas como son: Ataguías para evitar el deslizamiento de material y bermas para una mejor conformación, vista y reforestación del sitio además del constante riego de los caminos y material pétreo para evitar emisiones de polvos.





Imagen II.53 Se realiza estabilización de taludes, Km. 152+600



Imagen II.54 Riego de caminos para evitar la dispersión de polvos y partículas

Para la restauración de los bancos de desperdicio se realizan las siguientes actividades:

- Estabilización de superficies sin consolidar
- Colocación de capa superficial de tierra vegetal
- Actividades para amortiguar el impacto paisajístico
- Colocación de muros de contención o medidas alternativas para evitar la erosión del material depositado
- Acciones de reforestación con especies endémicas



Imagen II.55 Depósito de material vegetal para arropo de taludes



Imagen II.56 Material vegetal para arropo o restauración de áreas utilizadas como bancos de tiro



Imagen II.57 Arrope de sitios usados como banco de desperdicio

#### II.2.4.1.2.a Listado de bancos de tiro

No. BT	Coordenadas UTM		Sup. Afectación (ha)	Sup. USUEV (ha)	USUEV
	X	Y			
1	166196.44	1878361.30	1.30	1.30	Bosque pino-encino secundario arbustivo
2	169877.54	1877375.86	1.72	0.50	Zona agrícola
				1.22	Bosque pino-encino secundario arbóreo
3	171482.18	1873516.74	0.99	0.89	Bosque pino-encino secundario arbóreo
				0.10	Zona agrícola
4	171527.64	1873075.17	1.30	0.09	Zona urbana
				1.21	Bosque encino-pino secundario arbóreo
5	171505.53	1872973.76	0.57	0.57	Zona agrícola
6	172251.64	1871170.06	1.19	0.24	Zona agrícola
				0.95	Bosque pino-encino secundario arbustivo
7	172148.11	1871127.03	0.50	0.18	Zona urbana
				0.32	Bosque pino-encino secundario arbustivo
8	171930.80	1870510.74	0.98	0.31	Bosque pino-encino secundario arbustivo
				0.35	Bosque pino-encino secundario arbóreo
				0.32	Zona agrícola
9	172063.24	1870403.06	0.89	0.12	Zona urbana
				0.36	Zona agrícola
				0.41	Bosque pino-encino secundario arbustivo
10	174603.00	1870537.12	1.29	1.29	Zona urbana
11	176768.73	1869627.92	2.20	0.11	Zona agrícola
				0.56	Bosque encino-pino secundario arbustivo
				1.53	Bosque encino-pino secundario arbóreo
12	177698.93	1869370.97	0.53	0.53	Bosque encino-pino secundario arbóreo



No. BT	Coordenadas UTM		Sup. Afectación (ha)	Sup. USUEV (ha)	USUEV
	X	Y			
13	177988.60	1867362.13	1.14	0.09	Bosque pino-encino secundario arbóreo
				1.05	Bosque pino-encino secundario arbustivo
14	179229.71	1866587.71	0.46	0.46	Bosque pino-encino secundario arbóreo
15	179872.25	1866487.29	4.53	1.84	Zona agrícola
				2.69	Bosque pino-encino secundario arbóreo
16	179955.44	1865984.70	1.91	1.91	Bosque pino-encino secundario arbóreo
17	180865.18	1865680.37	0.27	0.19	Zona agrícola
				0.08	Bosque pino-encino secundario arbustivo
18	180861.49	1865572.58	1.06	1.06	Bosque pino-encino secundario arbóreo
19	181729.90	1864064.85	1.16	0.58	Bosque pino-encino secundario arbóreo
				0.57	Zona agrícola
20	182873.85	1863398.70	9.12	9.12	Bosque pino-encino secundario arbóreo
21	183466.79	1862953.20	1.47	1.47	Bosque pino-encino secundario arbóreo
22	184444.51	1863080.08	1.65	1.65	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva
23	185407.69	1862535.23	2.34	0.63	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva
				1.71	Bosque pino-encino secundario arbustivo
24	187603.87	1860303.88	6.03	6.03	Selva baja caducifolia primaria arbórea
25	188292.00	1860042.01	3.10	3.10	Selva baja caducifolia primaria arbórea
26	189423.95	1858790.41	4.25	4.25	Selva baja caducifolia primaria arbórea
27	193801.43	1858710.79	4.04	3.89	Selva baja caducifolia secundaria arbórea
				0.15	Camino
28	194754.65	1858866.80	7.05	7.05	Selva baja caducifolia secundaria arbórea
29	194256.56	1857755.52	2.91	0.32	Zona agrícola
				0.07	Sin vegetación aparente
				0.05	Escurrimiento
				2.47	Vegetación riparia
30	194466.66	1857739.13	0.90	0.51	Vegetación riparia
				0.31	Zona agrícola
				0.08	Selva baja caducifolia primaria arbórea
31	194637.90	1857769.33	1.37	0.50	Vegetación riparia
				0.87	Selva baja caducifolia primaria arbórea
32	200047.29	1856043.19	0.45	0.45	Selva baja caducifolia primaria arbórea
33	200696.56	1855806.94	1.12	0.24	Vegetación riparia
				0.89	Selva baja caducifolia primaria arbórea
34	201743.69	1854819.34	2.31	0.48	Vegetación riparia
				1.23	Selva baja caducifolia primaria arbórea
				0.60	Sin vegetación aparente
35	203470.31	1854059.60	1.03	0.12	Vegetación riparia
				0.91	Selva baja caducifolia primaria arbórea
36	204448.94	1853161.80	1.77	1.77	Selva baja caducifolia primaria arbórea
37	204749.87	1852491.15	4.32	0.44	Sin vegetación aparente
				3.88	Selva baja caducifolia primaria arbórea



No. BT	Coordenadas UTM		Sup. Afectación (ha)	Sup. USUEV (ha)	USUEV
	X	Y			
38	206678.28	1851315.40	7.18	7.18	Selva baja caducifolia primaria arbórea
39	210008.29	1850062.37	6.97	0.42	Vegetación riparia
				6.54	Selva baja caducifolia primaria arbórea
40	211241.49	1849467.03	1.16	1.16	Selva baja caducifolia primaria arbórea
41	212486.92	1849167.83	2.91	0.60	Vegetación riparia
				2.30	Selva baja caducifolia primaria arbórea
42	214188.99	1848257.26	0.82	0.82	Selva baja caducifolia primaria arbórea
43	214744.44	1848106.24	1.20	1.20	Selva baja caducifolia primaria arbórea
44	215358.48	1847617.69	1.56	1.56	Selva baja caducifolia primaria arbórea
45	216815.81	1847220.14	5.41	2.54	Vegetación riparia
				2.87	Selva baja caducifolia primaria arbórea
46	218287.51	1846547.15	5.24	4.91	Selva baja caducifolia primaria arbórea
				0.33	Vegetación riparia
47	218959.64	1847050.47	3.29	3.29	Selva baja caducifolia primaria arbórea
48	219911.26	1846333.08	6.69	5.92	Selva baja caducifolia primaria arbórea
				0.77	Vegetación riparia
49	220409.10	1845970.92	3.38	3.38	Selva baja caducifolia primaria arbórea
50	221098.56	1844954.35	3.00	3.00	Selva baja caducifolia primaria arbórea
51	224342.87	1843638.19	2.02	1.24	Selva baja caducifolia primaria arbórea
				0.78	Sin vegetación aparente
<b>TOTAL</b>			<b>130.06 ha</b>		

De las 130.06 ha que se requieren para bancos de tiro, únicamente 120.86 ha corresponden a vegetación forestal y el 9.20 ha a terrenos con uso agrícola, sin vegetación aparente o uso urbano.

### II.2.4.1.3 Bancos de préstamo

Tabla II.21 Bancos de préstamo

No. BP	MUNICIPIO	CADENAMIENTO DE REFERENCIA	COORDENADAS UTM		SUP. AFECTAR (ha)	USUEV	VOLUMETRÍA	MATERIAL	CAMINOS DE ACCESO A LOS BP
			X	Y					
BP1	Santo Domingo Tepuxtepec	82+800 L.D.	165446.46	1877819.21	0.51	Zona agrícola	DN	Caliza	Existe un camino de terracería que cruza en el km 82+800 del eje troncal, el cual, conduce unos 2.35 km en dirección noroeste. Al término de esta terracería, se tendrá que acondicionar una brecha de camino como terracería, la cual, tiene una distancia de 872 m hasta el banco de préstamo.
BP2		101+860 L.I.	177407.55	1869016.37	0.29	Bosque encino-pino secundario arbóreo	150,000m <sup>3</sup>	Caliza	Existe un camino de terracería que conduce hasta el frente de explotación (Cerro Pascale – Lachiriega). La distancia aproximada del eje al banco de préstamo es de 30 m.
BP3	San Pedro Quiatoni	110+500 L.I.	181646.37	1864898.78	0.75	Bosque pino-encino secundario arbustivo	DN	Granito	Se tendrá que acondicionar una brecha de camino que conduce hasta el sitio del banco de préstamo. La distancia aproximada del eje al banco de préstamo es de 721 m.

No. BP	MUNICIPIO	CADENAMIENTO DE REFERENCIA	COORDENADAS UTM		SUP. AFECTAR (ha)	USUEV	VOLUMETRÍA	MATERIAL	CAMINOS DE ACCESO A LOS BP
			X	Y					
BP4	San Juan Juquila Mixes	125+000 L.D.	191567.12	1856506.86	0.34	Lecho del río	40,000m <sup>3</sup>	Aluviones de río	Para llegar a este banco de préstamo se puede emplear el acceso al banco de tiro A2, y acondicionar la brecha faltante hasta el camino de terracería que conecta Santo Domingo Narro con Guadalupe Lachiriega. Se tendrá que acondicionar el cruce del río Tehuantepec, para llegar al aluvión de material. La distancia del eje troncal a l banco es de 2.8 km.
BP5	Santiago Lachiguiri	166+200 L.D.	224865.31	1842750.67	0.21	Lecho del río	450,000m <sup>3</sup>	Aluvión de río	Existe un brecha aperturadade 1.2 km, hasta el sitio del banco, que únicamente requerirá de acondicionamiento para su operatividad.
<b>TOTAL</b>					<b>2.12</b>				

DN: Dato NO Disponible; BP: Banco de préstamo

Tabla II.22 Superficie a afectar de caminos de acceso a los bancos de préstamo

CAMINOS A BP	SUP. AFECTAR <sup>13</sup> (ha)	USUEV
Camino al BP1	2.51	▪ 2.22 ha de bosque de pino – encino secundario arbustivo

<sup>13</sup> La superficie a afectar para caminos de acceso a los bancos de préstamo, se estimó en base a un buffer de 5m a cada lado del eje del trazo propuesto. En los casos en donde el trazo presenta un camino de terracería bien definido, únicamente se consideraron afectaciones en las laterales por ampliaciones y adecuaciones de la corona. Para el caso de aperturas de camino se cuantifico el ancho de 10 m por la longitud del trazo requerido.

CAMINOS A BP	SUP. AFECTAR <sup>13</sup> (ha)	USUEV
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.30 ha de zona urbana</li> </ul>
Camino al BP2	///	La terracería existente no requiere ampliaciones ni adecuaciones, por lo que no se estima superficie a afectar.
Camino al BP3	0.71	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.54 ha de bosque de pino – encino secundario arbustivo</li> <li>▪ 0.17 ha de zona agrícola</li> </ul>
Camino al BP4	1.79	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2.22 ha de selva baja caducifolia secundaria arbustiva</li> <li>▪ 0.17 ha de zona urbana</li> <li>▪ 0.37 ha de zona agrícola</li> </ul>
Camino al BP5	0.74	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.63 ha de selva baja caducifolia secundaria arbórea</li> <li>▪ 0.11 ha de zona agrícola</li> </ul>

**TOTAL** **5.75**

## II.2.4.2 Terracerías

### II.2.4.2.1 Desmonte

El desmonte consistirá en remover la vegetación existente dentro de la superficie de línea de ceros del eje troncal y en las áreas que se destinen a la construcción de obras provisionales y asociadas, con objeto de eliminar la presencia de material vegetal.

El desmonte comprende:

- Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- Roza, que consiste en cortar y retirar la maleza, hierba, zacate o residuos de siembras.
- Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con o sin raíces.
- Limpia y disposición final, que consiste en retirar el producto del desmonte al banco de desperdicios que apruebe la S.C.T.

Esta actividad se realizará conforme a lo establecido en la Norma de Construcción N-CTR-CAR-1-01-001/00 del Instituto Mexicano de Transporte.

### II.2.4.2.2 Cortes

#### II.2.4.2.2.a Despalme

Es la remoción del material superficial del terreno, esta actividad se hace para retirar el primer estrato de suelo y tratar de encontrar terreno de mejor calidad donde construir las terracerías, y así, evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable. En el caso particular de este proyecto, se requiere el despalme de la superficie de afectación del eje troncal, de infraestructura adicional, y de caminos de acceso y de bancos de materiales. Esta actividad se realizará conforme a lo establecido en la Norma de Construcción N-CTR-CAR-1-01-002/00 del Instituto Mexicano de Transporte.

#### II.2.4.2.2.b Excavación en corte

**Altura de taludes de corte.** En cuanto a la altura de los cortes proyectados en el trazo modificado, se tiene un promedio de 20-30 m de altura. El talud de corte máximo es del km 94+000 al km 94+140 con una altura 42 m.

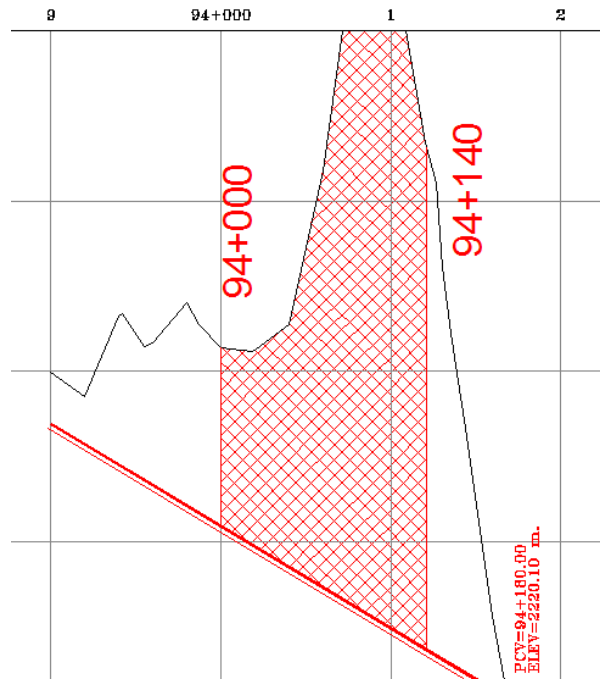


Imagen II.58 Se muestra una sección del corte de mayor altura del plano de estabilidad de taludes.

**Liberación del banco de tiro.** Previo al inicio de la excavación en corte, se requiere tener liberado el banco de tiro y los caminos de acceso por parte de los propietarios y en materia impacto ambiental.

**Excavación en material tipo A y B.** La brigada de topografía coloca los datos de construcción que indican la altura de corte de excavación. En caso de ser necesario se rastrea y conforma el terreno natural del corte para tener una salida adecuada hacia el camino de acceso. Cuando el terreno natural del corte presenta deformaciones o daños superficiales ocasionados por el mismo acarreo del material, se estabiliza con material de revestimiento producto de un banco de préstamo. La retroexcavadora lleva a cabo la excavación del corte en una altura igual al alcance del brazo y bote, a partir del extremo opuesto de la salida hacia el camino de acceso al banco de tiro. A esta actividad se le denomina banqueo, lo que significa que la excavación del corte se realiza por un frente de ataque con una altura de excavación a la antes indicada, hasta llegar al extremo opuesto del inicio de la excavación.

**Excavación en material tipo C.** En donde se tenga la presencia de material rocoso tipo C, la excavación se llevara a cabo mediante explosivos. Para el uso de los explosivos se deberá contar con la autorización de la Secretaría de la Defensa Nacional. El material ya fracturado es cargado mediante retroexcavadora hasta llegar al nivel de piso de la voladura. Este proceso se realizara el número de veces requeridas hasta lograr llegar al nivel de proyecto de la excavación.

**Acarreo de material y banco de tiro.** El material producto de la excavación será transportado en camiones hasta los bancos de tiro que se autoricen y se conformara el material en capas de espesor adecuado para que sea extendido con el tractor de orugas. El material producto de la excavación



depositado en los bancos de tiro deberá quedar de acuerdo al nivel proyectado por topografía, el cual, estará en función de la capacidad del mismo. Concluido el relleno del banco de tiro, se procede a depositar una capa de tierra vegetal, la cual corresponde al despalme de dicho banco y/o del corte de excavación de acuerdo a lo convenido con el propietario del predio.

#### **II.2.4.2.2.c Resumen del análisis de estabilidad de taludes**

El objetivo del análisis de estabilidad realizado para el eje troncal del tramo 2, es presentar las recomendaciones de reforzamiento para los taludes de los cortes y terraplenes, y determinar aquellos sitios críticos, así como los tratamientos para protección y estabilidad de los taludes en base a la clasificación del terreno natural.

#### **Subtramo 3 del km 72+500 al km 74+000**

En este subtramo se diferencian 2 principales estratigrafías, donde se encuentra toba riolítica, y otra con roca sedimentaria, limolita y arenisca. Los principales cortes por altura se ubican sobre los tramos con limolita y arenisca. Los cortes mayores a 25 m con talud de 0.75 x 1, se presentan como estables y pueden requerir de reforzamiento mediante instalación de drenes de penetración y longitudinales. Los cortes en el mismo material de menos de 20 m de altura con taludes de 0.75x1, son estables y pueden no requerir de reforzamiento alguno. No se puede descartar la posibilidad de abatir el talud del corte a partir de los 20 m de altura a 1:1 o “descopetar” el corte con un talud de 2:1 donde se considere necesario, durante la excavación del corte. A lo largo de todo el tramo, no se puede descartar la posibilidad de emplear algunos métodos de protección y sostenimiento que pueda requerir el material por sitios o zonas a lo largo del corte, los métodos pueden incluir, protección y sostenimiento mediante concreto lanzado y/o instalación de anclas de tensión.

Tabla II.23 Taludes de corte y terraplén del subtramo 3

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
73+190	73+230	Corte	1	40	31	A	Ambos
73+460	73+700	Terraplén	1	240	20	A	Ambos
73+750	73+830	Corte	1	80	30	E	Derecho

1: Roca sedimentaria finamente estratificada con pequeño grado de metamorfismo Limolita y Arenisca  
Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

#### **Subtramo 4 del km 74+000 al km 82+500**

En este subtramo se diferencian 3 principales estratigrafías, donde se encuentra lutita alterada, otra con roca granítica con intercalaciones de lutita y/o arenisca y una más con rocas calizas. Los principales cortes por altura se ubican sobre los tramos con lutita y con roca granítica. Los cortes en lutita mayores a 25 m con talud de 1x1 o menor, pueden no ser estables y requerir de estabilización mediante instalación de drenes de penetración y longitudinales. Así como protección contra el intemperismo mediante la aplicación de concreto lanzado. Los cortes en material granítico de más de 25 m de altura con taludes de 0.75x1, son estables y pueden no requerir de reforzamiento alguno.

Tabla II.24 Taludes de corte y terraplén del subtramo 4

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
72+840	72+920	Terraplén	2	80	3.8	Ninguno	
73+260	73+320	Terraplén	2	60	12.8	Ninguno	
73+460	73+680	Terraplén	2	220	23	E	Derecho
74+150	74+260	Terraplén	2	110	14.5	Ninguno	
74+300	74+380	Corte	2	80	16	Ninguno	
74+400	74+500	Terraplén	2	100	16	E	Derecho
74+520	74+640	Corte	2	120	18	Ninguno	
74+750	74+860	Corte	2	110	25	A	Izquierdo
74+680	74+980	Terraplén	2	300	32	E	Derecho
75+120	75+280	Corte	2	160	25	A	Izquierdo
75+620	75+680	Corte	2	60	35	C	Ambos
75+780	75+880	Terraplén	2	100	29	E	Ambos
76+280	76+610	Terraplén	2	330	18	E	Ambos
76+880	77+050	Corte	2	170	30	A	Ambos
77+160	77+300	Terraplén	2	140	34	E	Ambos
77+400	77+500	Corte	2	100	28	A	Izquierdo
77+820	77+860	Terraplén	2	40	35	E	Ambos
77+920	78+300	Corte	2	380	35	C	Izquierdo
78+380	78+540	Terraplén	2	160	15	E	Derecho
78+800	78+960	Terraplén	2	160	35	E	Ambos
79+360	79+480	Terraplén	2	120	25	E	Derecho
79+040	79+140	Corte	2	100	35	C	Izquierdo
79+170	79+250	Corte	3	80	35	B	Izquierdo
79+530	79+580	Corte	3	50	28	B	Izquierdo

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
79+630	79+860	Terraplén	3	230	14	E	Derecho
80+200	80+280	Terraplén	3	80	13	E	Derecho
81+200	81+340	Terraplén	3	140	6.8	E	Derecho
81+970	82+340	Terraplén	3	370	12	E	Derecho

2: Lutita muy alterada e intemperizada, con intercalaciones de estratos arenosos

3: Roca granítica inalterada intercalada con estratos de lutita alterada y estratos arenosos

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

#### **Subtramo 5 del km 82+500 al km 91+040**

Se desarrolla sobre una estratigrafía definida por tobas fracturadas con algunas intercalaciones de lutita alterada, clasificada como macizo rocoso de mediana calidad. Los principales cortes por altura se ubican sobre los tramos donde se encuentra la Toba fracturada y medianamente intemperizada. Los cortes en la Toba mencionada con altura mayor a 30 m con talud de 0.50 x 1 o mayor, pueden no ser estables y requerir de estabilización mediante instalación de drenes de penetración y longitudinales. Así como protección contra el intemperismo y sostenimiento mediante la aplicación de concreto lanzado de 6 cm de espesor.

Algunos de los cortes menores a 30 m de altura pudieran requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de recomendación alguna.

Tabla II.25 Taludes de corte y terraplén del subtramo 5

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
82+960	83+020	Terraplén	4	60	8	E	
83+940	84+040	Corte	4	100	15	Ninguno	
84+080	84+260	Terraplén	5	180	15	E	Derecho
85+240	85+360	Corte	5	120	30	B	Izquierdo
85+620	85+780	Corte	5	160	23	B	Izquierdo
86+000	86+080	Corte	5	80	22	B	Ambos
86+120	86+200	Terraplén	5	80	14	E	Derecho
86+920	87+050	Terraplén	5	130	8	E	Derecho
87+080	87+240	Corte	5	160	29	C	Izquierdo

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
87+460	87+520	Corte	5	60	34	C	Izquierdo
87+820	88+040	Corte	5	220	29	B	Ambos
88+300	88+420	Corte	5	120	34	C	Izquierdo
88+960	89+080	Corte	5	120	25	B	Izquierdo
89+200	89+280	Corte	5	80	29	B	Izquierdo
89+400	89+520	Corte	5	120	27	B	Izquierdo
90+060	90+200	Terraplén	5	140	16	E	Derecho
90+240	90+340	Corte	5	100	30	B	Izquierdo
90+380	90+580	Terraplén	5	200	18	E	Ambos
90+820	90+920	Terraplén	5	100	18	E	Derecho

4: Limolita intemperizada intercalada con arenisca

5: Toba fracturada e intemperizada

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

### **Subtramo 6 del km 91+040 al km 99+000**

Este subtramo se desarrolla sobre una estratigrafía definida por tobas, que se presentan en el tercio medio del tramo como ignimbritas y en los extremos del tramo como tobas duras litificadas, clasifica el macizo rocoso como de mediana calidad. Los principales cortes por altura se ubican en cada una de las clasificaciones de material. Los cortes en la Toba mencionada, con altura de hasta 42 m, con talud de 0.75 x 1, se analizaron como estables.

Los cortes con altura mayor a 25 m podrían requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de protección superficial alguna. Se recomienda el seguimiento geotécnico durante la excavación de los cortes.

Tabla II.26 Taludes de corte y terraplén del subtramo 6

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
91+120	91+220	Terraplén	6	100	15	E	Derecho
91+320	91+400	Terraplén	6	80	20	E	Derecho
91+440	91+500	Terraplén	6	60	10	E	Derecho
92+340	92+400	Terraplén	6	60	15	E	Derecho
92+920	93+060	Corte	6	140	26	B	Ambos
93+060	93+380	Corte	6	320	27	B	Izquierdo
93+480	93+640	Corte	7	160	30	B	Izquierdo
93+900	94+160	Corte	7	260	42	B	Ambos
94+190	94+260	Terraplén	7	70	20	E	Derecho
94+860	94+960	Terraplén	7	100	25	E	Derecho
95+000	95+480	Corte	7	480	32	B	Derecho
95+500	95+540	Terraplén	7	40	20	E	Derecho
95+580	95+830	Corte	7	250	27	B	Ambos
95+840	95+960	Terraplén	7	120	15	E	Derecho
96+360	96+540	Corte	6	180	29	B	Derecho
96+560	96+760	Terraplén	6	200	20	E	Derecho
96+980	97+040	Corte	6	60	25	B	Ambos
97+280	97+520	Corte	6	240	23	B	Derecho
97+660	98+140	Corte	6	480	36	B	Ambos
98+160	98+360	Terraplén	6	200	30	E	Derecho
98+440	98+560	Corte	6	120	36	B	Ambos
98+600	98+820	Terraplén	6	220	20	E	Derecho

6: Toba litificada

7: Toba en forma de ignibrita

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

**Subtramo 7 del km 99+000 al km 106+560**

Se desarrolla sobre una estratigrafía definida por Rocas Igneas Extrusivas de mediana a buena calidad consistentes en Tobas dacíticas y litificadas y algunos afloramientos de Granito. Los cortes en la Toba mencionada, con altura de hasta 45 m, con talud de 0.75 x 1, se analizaron como estables.

Los cortes con altura mayor a 35 m podrían requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de protección superficial alguna. Se recomienda el seguimiento geotécnico durante la excavación de los cortes.

Tabla II.27 Taludes de corte y terraplén del subtramo 7

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
99+320	99+380	Terraplén	8	60	21	E	Izquierdo
99+540	99+680	Terraplén	8	140	17	E	Izquierdo
99+740	99+800	Terraplén	8	60	20	E	Izquierdo
99+840	99+940	Corte	8	100	30	B	Ambos
99+960	100+040	Terraplén	8	80	26	E	Izquierdo
100+260	100+360	Corte	9	100	33	B	Derecho
100+500	100+560	Terraplén	9	60	16	E	Izquierdo
100+600	100+700	Terraplén	9	100	20	E	Izquierdo
101+000	101+100	Terraplén	9	100	28	E	Ambos
101+540	101+640	Terraplén	9	100	24	E	Ambos
102+320	102+380	Terraplén	10	60	19	E	Izquierdo
102+400	102+560	Corte	10	160	35	B	Derecho
102+880	103+180	Corte	10	300	30	B	Derecho
103+320	103+340	Terraplén	10	20	7	E	Izquierdo
103+640	103+780	Corte	11	140	20	B	Derecho
103+980	104+040	Terraplén	11	60	8	E	Izquierdo
104+800	105+000	Terraplén	11	200	13	E	Izquierdo
105+960	106+000	Terraplén	11	40	6	E	Derecho

8: Toba dura Litificada

9: Granito



- 10: Toba dacítica dura  
11: Toba dura Litificada

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

### **Subtramo 8 del km 106+560 al km 115+000**

Este subtramo se desarrolla sobre una estratigrafía definida por Rocas Ígneas extrusivas superficialmente intemperizadas y con lentes aislados de lutita, macizos rocosos de mediana a buena calidad. Los cortes en el macizo rocoso mencionado, con altura de hasta 40 m, con talud combinado en su lado más alto de 0.5 x1 y 0.75 x 1, se analizaron como estables.

Los cortes con altura mayor a 20 m podrían requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de protección superficial alguna.

En algunos de los cortes, a lo largo del subtramo 8, podría necesitarse el sostenimiento de alguna cuña inestable que se genere durante la excavación, y/o tratamiento de material susceptible a derrumbe a lo largo de la superficie de corte por tramos o sitios específicos. Esto se resolvería mediante la instalación de anclas de tensión, abatimiento de talud o sostenimiento mediante concreto lanzado; dicha eventualidad deberá de analizarse de manera particular en cada caso. Se recomienda el seguimiento geotécnico durante la excavación de los cortes.

Tabla II.28 Taludes de corte y terraplén del subtramo 8

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
106+100	106+300	Corte	12	200	30	B	Izquierdo
106+340	106+380	Terraplén	12	40	4	E	Derecho
106+470	106+580	Terraplén	12	110	9	E	Derecho
107+140	107+300	Terraplén	12	160	10	E	Derecho
108+240	108+320	Terraplén	12	80	13	E	Derecho
108+400	108+500	Corte	12	100	32	B	Izquierdo
108+620	108+640	Terraplén	12	20	10	E	Derecho
108+840	108+960	Corte	12	120	30	B	Izquierdo
109+040	109+100	Terraplén	12	60	14	E	Derecho
109+380	109+500	Terraplén	12	120	20	E	Derecho
109+540	109+600	Corte	12	60	33	B	Izquierdo
109+840	109+880	Terraplén	12	40	1	E	Derecho

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
111+140	111+360	Corte	12	220	40	B	Izquierdo
111+690	111+800	Corte	12	110	32	B	Izquierdo
113+400	113+760	Corte	12	360	35	B	Izquierdo
110+140	110+180	Terraplén	12	40	7	E	Derecho
110+540	110+660	Terraplén	12	120	33	E	Ambos
110+760	110+820	Terraplén	12	60	13	E	Derecho
111+386	111+470	Terraplén	12	84	8	E	Derecho
112+020	112+140	Terraplén	12	120	40	E	Ambos
112+300	112+420	Terraplén	12	120	29	E	Derecho
112+560	112+680	Terraplén	12	120	16	E	Derecho
112+990	113+020	Terraplén	12	30	6	E	Derecho
113+180	113+420	Terraplén	12	240	10	E	Derecho
114+195	114+280	Terraplén	12	85	6.1	E	Derecho

12: Roca de origen ígneo (Toba) superficialmente intemperizada, con bolsas aisladas de roca metamórfica (Lutita). Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

### **Subtramo 10 del km 128+320 al km 133+600**

Este subtramo se desarrolla sobre una estratigrafía definida por rocas de origen sedimentario, calizas intemperizadas, fracturadas y cavernosas; macizos rocosos de mediana a buena calidad. Los cortes en la roca mencionada, con altura de hasta 30 m, con talud de proyecto en su lado más alto de 0.5 x1, se analizaron como estables.

Los cortes con altura mayor a 30 m podrían requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de protección superficial alguna.

En algunos de los cortes, a lo largo del subtramo, podría necesitarse el sostenimiento de alguna cuña inestable que se genere durante la excavación, esto se resolvería mediante la instalación de anclas de tensión, dicha eventualidad deberá de analizarse de manera particular en cada caso. Se recomienda el seguimiento geotécnico durante la excavación de los cortes.

Tabla II.29 Taludes de corte y terraplén del subtramo 10

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
128+210	128+300	Corte	13	90	33	B	Izquierdo
129+420	129+480	Terraplén	13	60	4	E	Derecho
129+860	129+940	Corte	14	80	20	B	Izquierdo
130+980	130+985	Terraplén	14	5	7	E	Derecho
131+080	131+100	Terraplén	14	20	9	E	Derecho
131+390	131+500	Corte	14	110	15	Ninguno	
132+560	132+780	Corte	14	220	25	B	Izquierdo
132+980	133+080	Corte	14	100	15	Ninguno	
133+095	133+180	Terraplén	14	85	5	E	Derecho
133+460	133+660	Terraplén	14	200	5	E	Derecho

13: Roca caliza estratificada con 1.0 m de espesor

14: Roca caliza masiva, cavernosa

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

### **Subtramo 11 del km 133+600 al km 140+000**

El subtramo se desarrolla sobre una estratigrafía definida por Rocas de origen ígneo extrusiva, Tobas fracturadas y superficialmente intemperizadas; macizos rocosos de mediana a buena calidad. Los cortes en la Roca mencionada, con altura de hasta 45 m, con talud de proyecto en su lado más alto combinado de 0.5x1 hasta 15 m de altura y 0.75x1 en adelante, se analizaron como estables.

Los cortes con altura mayor a 25 m podrían requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de protección superficial alguna.

En algunos de los cortes, a lo largo del subtramo, podría necesitarse el sostenimiento de alguna cuña inestable que se genere durante la excavación, esto se resolvería mediante la instalación de anclas de tensión, dicha eventualidad deberá de analizarse de manera particular en cada caso. Se recomienda el seguimiento geotécnico durante la excavación de los cortes.

Tabla II.30 Taludes de corte y terraplén del subtramo 11

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
134+220	134+340	Corte	15	120	33	B	Izquierdo
134+400	134+500	Terraplén	15	100	9	E	Derecho

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
134+980	135+080	Terraplén	15	100	5	E	Derecho
135+200	135+300	Terraplén	15	100	0	E	Derecho
135+400	135+440	Terraplén	15	40	16	E	Derecho
135+660	135+900	Corte	15	240	35	B	Izquierdo
135+940	136+080	Terraplén	15	140	8	E	Derecho
136+260	136+390	Terraplén	16	130	8	E	Derecho
136+700	136+850	Corte	16	150	30	E	Izquierdo
137+400	137+440	Terraplén	16	40	10	E	Derecho
137+500	137+600	Corte	16	100	20	B	Izquierdo
138+250	138+660	Terraplén	16	410	9	E	Derecho
139+120	139+200	Corte	15	80	30	B	Izquierdo
139+300	139+380	Corte	15	80	30	B	Izquierdo
139+640	139+780	Corte	15	140	25	B	Izquierdo
140+400	140+600	Corte	16	200	22	B	Izquierdo

15: Roca de origen ígneo extrusivo, fracturada. Macizo rocoso de mediana a buena

16: Roca de origen ígneo extrusivo, fracturada y alterada. Macizo rocoso de mediana

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

### **Subtramo 13 del km 147+600 al km 156+600**

De manera general, este subtramo se desarrolla sobre una estratigrafía definida por Rocas Ígneas extrusivas, Toba alterada y fracturada, con intercalaciones aisladas de roca metamórfica; macizos rocosos de mediana a buena resistencia. Los cortes en este tipo de roca, con altura de hasta 40 m, con talud combinado en su lado más alto de 0.5 x1 y 0.75 x 1, se analizaron como estables.

Los cortes con altura mayor a 20 m podrían requerir de protección contra desprendimientos superficiales, consistentes en la instalación de malla de triple torsión, algunos de estos cortes pudieran prescindir de protección superficial alguna. En algunos de los cortes, a lo largo del subtramo, independientemente de la altura, podría necesitarse el sostenimiento de alguna cuña inestable que se genere durante la excavación, esto se resolvería mediante la instalación de anclas de tensión, dicha eventualidad deberá de analizarse de manera particular en cada caso. Se recomienda el seguimiento geotécnico durante la excavación de los cortes.

Tabla II.31 Taludes de corte y terraplén del subtramo 13

CADENAMIENTO		TIPO DE TERRACERÍA	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO NATURAL	LONG. (m)	ALTURA (m)	TRATAMIENTO Y/O RECOMENDACIÓN	LADO
147+920	148+620	Terraplén	17	700	14	E	Ambos
149+160	149+220	Terraplén	17	60	12	E	Derecho
149+720	149+840	Terraplén	17	120	17	E	Derecho
150+100	150+180	Terraplén	17	80	12	E	Derecho
150+340	150+620	Terraplén	17	280	6	E	Derecho
150+760	150+860	Terraplén	17	100	9	E	Derecho
151+440	151+540	Corte	17	100	27	B	Izquierdo
151+940	152+030	Terraplén	17	90	6	E	Derecho
152+180	152+260	Terraplén	17	80	8	E	Derecho
152+630	152+780	Terraplén	17	150	9	E	Derecho
153+200	153+280	Corte	17	80	40	B	Izquierdo
153+460	153+520	Terraplén	17	60	12	E	Derecho
153+560	153+640	Corte	17	80	30	B	Izquierdo
154+640	154+760	Terraplén	17	120	20	E	Derecho
155+020	155+140	Corte	17	120	23	B	Izquierdo
155+880	156+100	Corte	17	220	20	B	Izquierdo
156+120	156+320	Corte	17	200	23	B	Izquierdo
156+460	156+740	Terraplén	17	280	7	E	Derecho
156+360	156+600	Terraplén	17	200	17	E	Derecho

17: Roca de origen ígneo, extrusiva, fracturada y alterada con intercalaciones de lutita. Macizo recoso de mediana a buena resistencia

Las filas resaltadas en color rojo, señalan los taludes de corte que se consideran “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en *el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para el subtramo (estabilidad de taludes)*.

**NOTA: Los planos de los puntos críticos se presentan en el en Capítulo VIII, Apartado VIII.2, Anexos digitales del Capítulo II, II.H Estabilidad de taludes.**

#### *Tratamientos y/o recomendaciones para los taludes de corte*

- Amacizar la superficie del talud de corte (Tratamientos A, B, C y E).
- Instalación de malla de Triple torsión (8\*10) fijada con anclas cortas de 1.0 a 2.5m de longitud de 13mm (1/2”) de diámetro en cuadrícula de 3 m (Tratamientos A y B).

- Instalación de drenes transversales en el bajo tercio de altura del corte con separación de 3\*3 m distribuidos en tresbolillo, con una longitud de 6 m (Tratamientos A, C y E).
- Construcción de contracuneta tipo murete a 4m aguas arriba del cero del corte (Tratamientos A, B, C y E).
- Aplicación de Concreto Lanzado de 6 cm de espesor, colocado con malla electrosoldada de 10\*10, sujeta mediante anclas cortas con separación de 2.0 entre ellas (Tratamientos C y E).

### ***Tratamientos preventivos para protección y estabilidad de terraplenes***

- La calidad de los materiales para formar el cuerpo de terraplén, la capa de transición o subyacente, así como la capa subrasante, deberá cumplir con lo indicado en las Normas; SCT N-CMT-1-01, SCT N-CMT-1-02 y SCT N-CMT-1-03.
- La capa subrasante deberá tener un espesor compacto mínimo de 40 cm y deberá compactarse al 100% de su MVSM respecto a la prueba AASHTO modificada.
- La capa de transición o subyacente deberá tener un espesor compacto mínimo de 70 cm y deberá compactarse al 95% de su MVSM respecto a la prueba AASHTO modificada.
- En todos los casos, el cuerpo de terraplén se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso; los grados de compactación son con respecto a la prueba AASHTO modificada.
- Se debe tomar en cuenta que para formar pedraplenes, el tamaño máximo de los fragmentos de roca requeridos es de 30 cm para rocas como brecha sana; y el tamaño máximo para rocas como andesita sana, será de 50 cm. Para lograr tales tamaños, deberá diseñarse cuidadosamente la barrenación y voladura, lo cual será supervisado por la residencia de construcción.
- Para compactar los terraplenes que se formarán con los fragmentos de roca procedentes de excavaciones en roca, se deberá colocar el producto de la excavación en capas con espesor no mayor del tamaño de los fragmentos más grandes, pero en ningún caso mayor de 30 - 50 cm. (párrafo anterior). Compactar mediante bandeado con tractor D-9 o similar, rociando y aplicando por lo menos 5 pasadas por cada punto de la superficie de la capa, manteniendo un regado continuo del área por compactar (compactación a toda agua).
- En las laderas con pendiente transversal mayor de 15%, se deberán construir escalones de liga para dar apoyo al material que se colocará para formar terraplenes nuevos, según lo establece la Norma SCT N-CTR-CAR-1-01-004-00. La ejecución de la obra obedecerá lo establecido en la Norma N-LEG-3.
- Los terraplenes formados en laderas deberán empezarse a construir desde la parte inferior. Es decir, la construcción se iniciará en las ceros de aguas abajo del terraplén, formando capas horizontales.
- Cuando el material producto de un corte se use para formar terraplenes en cañadas vecinas al corte, estará prohibido arrojar el material desde la zona de corte hacia la cañada. Dicho material deberá acarreararse en camiones y colocarse en la parte baja, donde se formará el terraplén extendiendo el material en capas horizontales y compactándolo según la Norma N-CMT-1-01-02.



- El talud del terraplén deberá afinarse como lo indica la Norma 3.01.01.005-F.11
- En todas las áreas o cuencas que se formarán aguas arriba de los terraplenes, deberá cuidarse durante la construcción y al término de la misma, que no se formen encharcamientos o zonas potenciales de encharcamiento. Para ello no debe quedar ningún material de desperdicio en esas áreas, ni de forma provisional; asimismo, deben construirse las obras complementarias de canalización y encauzamiento hacia la obra de drenaje tan pronto como se detecte su necesidad durante el proceso de formación del terraplén.

**Ver en el Capítulo VI, Apartado VI.3.2 Factor: Suelo, las medidas de protección aplicables a los taludes de corte y terraplén.**

### **II.2.4.2.3 Terraplenes**

La calidad de los materiales para formar el cuerpo de terraplén, la capa de transición o subyacente, así como la capa subrasante, deberá cumplir con lo indicado en las Normas; SCT N-CMT-1-01, SCT N-CMT-1-02 y SCT N-CMT-1-03.

#### **II.2.4.2.3.a Formación de terraplenes**

Para el caso de terraplenes se construirá el cuerpo de terraplén con altura variable dependiendo de la rasante de proyecto y se compactara al 90% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar.

En todos los casos, el cuerpo de terraplén se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso; los grados de compactación son con respecto a la prueba AASHTO modificada. Para formar pedraplenes, el tamaño máximo de los fragmentos de roca requeridos es de 30 cm para rocas como brecha sana; y el tamaño máximo para rocas como andesita sana, será de 50 cm. Para lograr tales tamaños, deberá diseñarse cuidadosamente la barrenación y voladura, lo cual, será supervisado por la residencia de construcción. Para compactar los terraplenes que se formarán con los fragmentos de roca procedentes de excavaciones en roca, se deberá colocar el producto de la excavación en capas con espesor no mayor del tamaño de los fragmentos más grandes, pero en ningún caso mayor de 30 - 50 cm. (párrafo anterior). Compactar mediante bandeo con tractor D-9 o similar, ronceando y aplicando por lo menos 5 pasadas por cada punto de la superficie de la capa, manteniendo un regado continuo del área por compactar (Compactación a toda agua).

En las laderas con pendiente transversal mayor de 15%, se deberán construir escalones de liga con el objeto de proporcionar apoyo al material que se colocará para formar terraplenes nuevos, según lo establece la Norma SCT N-CTR-CAR-1-01-004-00. La ejecución de la obra obedecerá lo establecido en la Norma N-LEG-3. Los terraplenes formados en laderas deberán empezarse a construir desde la parte inferior. Es decir, la construcción se iniciará en las ceros de aguas abajo del terraplén, formando capas horizontales.

Cuando el material producto de un corte se use para formar terraplenes en cañadas vecinas al corte, estará prohibido arrojar el material desde la zona de corte hacia la cañada. Dicho material deberá acarreararse en camiones y colocarse en la parte baja, donde se formará el terraplén extendiendo el material en capas horizontales y compactándolo según la Norma N-CMT-1-01-02. El talud del terraplén deberá afinarse como lo indica la Norma 3.01.01.005-F.11

En todas las áreas o cuencas que se formarán aguas arriba de los terraplenes, deberá cuidarse durante la construcción y al término de la misma, que no se formen encharcamientos o zonas potenciales de encharcamiento. Para ello no debe quedar ningún material de desperdicio en esas áreas, ni siquiera en forma provisional; asimismo, deben construirse las obras complementarias de canalización y encauzamiento hacia la obra de drenaje tan pronto como se detecte su necesidad durante el proceso de formación del terraplén.

#### ***II.2.4.2.3.b Construcción de la capa subyacente***

La capa de transición o subyacente se construirá dependiendo de la altura del cuerpo de terraplén, debiendo construirse de 0.20 m si la altura de este es menor de 0.80 m y se es mayor se construirá de 0.50 m, en cualquier caso, deberá compactarse el material que constituya dicha capa al 95% de PVSM de la prueba AASHTO estándar.

#### ***II.2.4.2.3.c Construcción de la capa subrasante***

Finalmente la capa subrasante se construirá con un espesor de 0.30 m, debiéndose compactar el material que constituya dicha capa al 100% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar. Los materiales empleados para la formación de las diferentes capas deberán ser procedentes del banco propuesto para este fin y de acuerdo con lo indicado en el proyecto de terracerías correspondiente.

#### ***II.2.4.2.3.d Muros de contención***

Se construirán muros de contención en las secciones indicadas en el proyecto modificado, bajo las siguientes recomendaciones de construcción indicadas en los planos generales de los muros.

Las excavaciones serán las mínimas posibles. El desplante del muro debe hacerse a la elevación indicada, que admita un esfuerzo normal de trabajo a la comprensión de  $2.0 \text{ kg/cm}^2$ . Dicha capacidad deberá ser verificada antes de iniciar la construcción del muro en caso de no cumplir con la capacidad de proyecto deberá de re proyectarse el muro, para la capacidad obtenida. En caso de que la altura del muro deba ser diferente hasta en 30 cm, dicha diferencia se absorberá modificando el peralte de la zapata del muro. Si la altura del muro para cumplir los requisitos difiere en más de 30 cm se solicitara una nueva re proyección del muro.

Los drenes se colocarán lo más bajo que sea posible, construyendo, en caso necesario, drenes ciegos en su desembocadura. El relleno de las excavaciones y el terraplén del respaldo del muro se harán por capas horizontales, de espesor no mayor de 30 cm compactadas como mínimo al 90% de su peso

volumétrico óptimo, determinado para las pruebas especificadas por la SCT. Se dejara pasar por lo mínimo 5 días entre la conclusión de una parte del muro y la iniciación del relleno o terraplén. En el respaldo del muro se pondrá una capa de piedra quebrada o grava de 40 cm de espesor, a medida que avance la construcción del relleno del terraplén.

Derivado de las condiciones del sitio, la construcción de los muros, podrá resolverse por una alternativa que represente una mejor solución estructural y/o constructiva que la presentada en el proyecto ejecutivo.

Tabla II.32 Listado de ubicación de muros de contención

Inicio	Final	Coordenadas UTM		Longitud (m)	Lado de colocación del muro
		X	Y		
<b>Subtramo 4</b>					
75+298.00	75+400.00	161638.87030	1878383.56295	102	A 6.70 m a la derecha del eje central
76+504.00	76+524.00	162552.60497	1878758.44759	20	A 30.00 m a la derecha del eje central
76+611.00	76+618.00	162643.31459	1878742.67457	7	A 6.80 m a la derecha del eje central
77+564.00	77+656.00	163566.32085	1878466.36289	92	A 6.80 m a la derecha del eje central
81+683.00	81+705.00	167217.17198	1878451.44867	22	A 17.00 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 5</b>					
85+132.00	85+154.00	170232.23433	1877116.35145	22	A 15.00 m a la derecha del eje central
85+212.00	85+224.00	170303.50492	1877067.46021	12	A 6.42 m a la derecha del eje central
85+428.18	85+450.18	170526.53252	1877059.09776	22	A 20.00 m a la derecha del eje central
85+512.00	85+552.00	170607.47372	1877036.29093	40	A 7.71 m a la derecha del eje central
85+572.00	85+588.00	170646.92058	1877008.99671	16	A 7.31 m a la derecha del eje central
87+028.87	87+043.87	171946.88774	1876877.14155	15	A 25.00 m a la derecha del eje central
88+437.00	88+470.00	172003.49295	1875841.96832	33	A 6.82 m a la derecha del eje central
90+796.00	90+848.00	171662.64772	1873779.76294	52	A 40.00 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 6</b>					
90+794.00	90+846.00	171777.66452	1873497.28499	52	A 40.00 m a la derecha del eje central
91+112.00	91+134.00	171847.32796	1873033.83766	22	A 28.00 m a la derecha del eje central
91+613.00	91+633.00	171812.05628	1872916.25471	20	A 6.50 m a la derecha del eje central
91+734.00	91+756.00	171872.95618	1872669.48708	22	A 6.50 m a la derecha del eje central
91+998.00	92+004.00	172551.29191	1871489.48006	6	A 9.30 m a la derecha del eje central
93+361.00	93+494.00	172470.66988	1871266.42114	133	A 6.50 m a la izquierda del eje central
93+673.00	93+710.00	172408.73725	1870758.20961	37	A 80.00 m a la izquierda del eje central
94+203.00	94+250.00	172443.66562	1870650.13487	47	A distancia variable a la izquierda del eje central
94+318.00	94+370.00	173179.46159	1870473.44939	52	A 90.00 m a la izquierda del eje central

Inicio	Final	Coordenadas UTM		Longitud (m)	Lado de colocación del muro
		X	Y		
95+103.00	95+188.00	173242.47765	1870428.57722	85	A 6.40 m a la izquierda del eje central
95+217.00	95+223.00	173464.91813	1870277.65914	6	A 6.50 m a la izquierda del eje central
95+472.00	95+508.00	173519.09963	1870265.62929	36	A 35.00 m a la izquierda del eje central
95+548.00	95+572.00	174122.64500	1870401.18366	24	A 6.90 m a la izquierda del eje central
96+253.00	96+328.00	171777.66452	1873497.28499	75	A 25.00 m a la izquierda del eje central
<b>Subtramo 7</b>					
99+161.00	99+192.00	175909.23617	1870068.36988	31	A 15.00 m a la izquierda del eje central
99+538.00	99+550.00	176256.82770	1870091.48629	12	A 25.00 m a la izquierda del eje central
100+431.00	100+494.00	176865.01463	1869468.79063	63	A 25.00 m a la izquierda del eje central
101+113.00	101+143.00	177447.52292	1869694.73353	30	A 6.40 m a la izquierda del eje central
101+750.00	101+762.00	177538.33899	1869185.64896	12	A 30.00 m a la izquierda del eje central
104+812.00	104+846.00	177444.98794	1867868.09841	34	A 50.00 m a la izquierda del eje central
106+048.00	106+063.00	178253.63256	1867084.79824	15	A 6.90 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 8</b>					
106+794.00	106+836.00	178982.23200	1866901.65409	42	A 7.60 m a la derecha del eje central
106+866.00	106+890.00	179031.96780	1866865.96995	24	A 7.60 m a la derecha del eje central
106+910.00	106+970.00	179076.20461	1866815.87908	60	A 6.90 m a la derecha del eje central
107+059.00	107+069.00	179160.62068	1866722.12253	10	A 7.00 m a la derecha del eje central
107+095.00	107+133.00	179199.80979	1866694.45786	38	A 6.60 m a la derecha del eje central
107+398.00	107+466.00	179406.44284	1866469.14051	68	A 6.50 m a la derecha del eje central
107+746.00	107+754.00	179696.89154	1866325.67554	8	A 7.40 m a la derecha del eje central
108+245.00	108+258.00	180052.10659	1866000.21251	13	A 6.60 m a la derecha del eje central
109+143.00	109+153.00	180871.59071	1865767.14172	10	A 7.50 m a la derecha del eje central
109+806.00	109+834.00	181075.52634	1865171.21481	28	A 6.80 m a la derecha del eje central
112+430.00	112+464.00	182677.24624	1864311.70005	34	A 7.00 m a la derecha del eje central
112+588.00	112+627.00	182735.79597	1864156.15969	39	A 7.00 m a la derecha del eje central
112+631.00	112+655.00	182761.33807	1864131.59417	24	A 15.00 m a la derecha del eje central
112+870.00	112+911.00	182962.76213	1863992.71693	41	A 7.70 m a la derecha del eje central
112+928.00	112+944.00	182979.67370	1863960.63988	16	A 7.50 m a la derecha del eje central
113+365.00	113+425.00	183032.02193	1863506.87871	60	A 20.00 m a la derecha del eje central
113+429.00	113+443.00	183049.28680	1863465.84436	14	A 6.50 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 9</b>					
115+674	115+730	185096.10188	1863130.76594	56	A 35.00 m a la izquierda del eje central
116+247	116+267	185410.65111	1862712.85116	20	A 15.00 m a la derecha del eje central

Inicio	Final	Coordenadas UTM		Longitud (m)	Lado de colocación del muro
		X	Y		
116+644	116+652	185588.28914	1862367.67350	8	A 20.00 m a la izquierda del eje central
116+657	116+665	185596.36285	1862360.08411	8	A 20.00 m a la izquierda del eje central
116+675	116+783	185648.06559	1862316.54350	108	A 20.00 m a la izquierda del eje central
118+984	119+070	187044.47927	1861125.03581	86	A 6.80 m a la izquierda del eje central
119+328	119+352	187007.37927	1861109.98020	24	A 6.80 m a la derecha del eje central
119+592	119+670	187416.42976	1860854.96218	78	A 8.70 m a la izquierda del eje central
120+382	120+396	187609.52811	1860631.66410	14	A 6.60 m a la derecha del eje central
121+172	121+186	187828.32535	1860412.33514	14	A 6.80 m a la derecha del eje central
121+197	121+249	188096.59596	1859886.34663	52	A 6.80 m a la derecha del eje central
121+249	121+269	188163.76798	1859829.30813	20	A 43.00 m a la derecha del eje central
121+530	121+606	188696.46239	1859351.33499	76	A 6.80 m a la derecha del eje central
124+690	124+712	188731.22166	1859323.52883	22	A 6.60 m a la derecha del eje central
124+768	124+792	188760.05832	1859298.77407	24	A 6.60 m a la derecha del eje central
118+480	118+660	188867.43772	1859022.66707	180	A 6.60 m a la izquierda del eje central
118+520	118+580	191013.84238	1858875.91336	60	A 6.60 m a la derecha del eje central
120+270	120+330	191096.49039	1858854.09778	60	A 7.20 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 10</b>					
128+194.00	128+209.00	194842.37377	1857664.40142	15	A 6.60 m a la derecha del eje central
128+342.00	128+390.00	194916.54251	1857512.85693	48	A 6.60 m a la derecha del eje central
128+604.00	128+636.00	195146.52534	1857436.39376	32	A 6.60 m a la derecha del eje central
128+724.00	128+764.00	195267.01347	1857438.44915	40	A 7.00 m a la derecha del eje central
129+150.00	129+210.00	195712.37157	1857421.30045	60	A 6.60 m a la derecha del eje central
129+356.00	129+422.00	195908.03900	1857427.11445	66	A 7.30 m a la derecha del eje central
129+586.00	129+674.00	196135.25904	1857344.77649	88	A 6.60 m a la derecha del eje central
129+704.00	129+724.00	196222.74767	1857321.75785	20	A 6.60 m a la derecha del eje central
129+956.00	129+972.00	196463.62828	1857387.04068	16	A 6.60 m a la derecha del eje central
129+986.00	130+070.00	196527.33573	1857409.02290	84	A 7.00 m a la derecha del eje central
130+126.00	130+152.00	196630.68233	1857430.67973	26	A 7.40 m a la derecha del eje central
130+214.00	130+226.00	196707.11964	1857423.23417	12	A 7.40 m a la derecha del eje central
130+269.00	130+530.00	196853.07214	1857317.64978	261	A 7.40 m a la derecha del eje central
130+551.00	130+568.00	196975.35102	1857217.54477	17	A 6.50 m a la derecha del eje central
130+610.00	130+746.00	197087.28598	1857175.62993	136	A 6.60 m a la derecha del eje central
131+178.00	131+250.00	197380.70276	1856810.56889	72	A 6.60 m a la derecha del eje central
131+502.00	131+614.00	197414.22203	1856466.76802	112	A 6.50 m a la derecha del eje central

Inicio	Final	Coordenadas UTM		Longitud (m)	Lado de colocación del muro
		X	Y		
131+698.00	131+806.00	197525.03824	1856304.47508	108	A 6.50 m a la derecha del eje central
131+826.00	131+854.00	197586.46668	1856246.32624	28	A 6.50 m a la derecha del eje central
131+888.00	132+052.00	197702.36545	1856178.30652	164	A 6.50 m a la derecha del eje central
132+188.00	132+248.00	197947.75530	1856137.78049	60	A 6.50 m a la derecha del eje central
132+556.00	132+559.00	198272.92911	1856214.45361	3	A 7.30 m a la derecha del eje central
132+600.00	132+607.00	198328.02963	1856217.36067	7	A 7.30 m a la derecha del eje central
132+908.00	132+938.00	198622.06429	1856108.75541	30	A 6.55 m a la derecha del eje central
132+956.00	132+964.00	198663.02184	1856093.41650	8	A 6.50 m a la derecha del eje central
133+087.00	133+099.00	198786.96827	1856069.22890	12	A 26.00 m a la derecha del eje central
133+115.00	133+143.00	198822.00008	1856066.95758	28	A 6.60 m a la derecha del eje central
133+387.00	133+415.00	199091.75510	1856059.60684	28	A 6.50 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 11</b>					
133+852.00	133+900.00	199562.27759	1856142.25082	48	A 7.30 m a la derecha del eje central
134+430.00	134+468.00	200113.28639	1856121.82172	38	A 7.30 m a la derecha del eje central
134+492.00	134+514.00	200174.97496	1856110.92057	22	A 7.30 m a la derecha del eje central
135+406.00	135+448.00	200969.92538	1855651.45453	42	A 35.00 m a la derecha del eje central
135+606.00	135+622.00	201060.82940	1855498.11857	16	A 6.60 m a la derecha del eje central
135+654.00	135+674.00	201080.45541	1855459.95349	20	A 6.60 m a la derecha del eje central
135+685.00	135+705.00	201100.58874	1855426.94200	20	A 6.60 m a la derecha del eje central
136+669.00	136+691.00	201815.40117	1854855.06806	22	A 6.70 m a la derecha del eje central
136+893.00	136+913.00	201832.33416	1854624.99842	20	A 6.60 m a la derecha del eje central
136+997.00	137+029.00	201845.79532	1854516.04263	32	A 6.60 m a la derecha del eje central
137+147.00	137+206.00	201918.02854	1854357.70243	59	A 6.60 m a la derecha del eje central
137+345.00	137+363.00	202010.66280	1854230.10093	18	A 6.50 m a la derecha del eje central
137+416.00	137+428.00	202076.74277	1854176.27857	12	A 6.50 m a la derecha del eje central
137+627.00	137+705.00	202323.91900	1854147.46016	78	A 6.60 m a la derecha del eje central
137+747.00	137+793.00	202428.35859	1854157.26532	46	A 7.20 m a la derecha del eje central
138+015.00	138+051.00	202685.53360	1854141.33006	36	A 6.60 m a la izquierda del eje central
139+235.00	139+271.00	203875.71164	1854140.74928	36	A 7.40 m a la derecha del eje central
139+986.00	140+007.00	204026.39258	1853898.00404	21	A 35.00 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 12</b>					
140+632.00	140+652.00	204566.32545	1853100.39581	20	A 6.80 m a la derecha del eje central
140+790.00	140+850.00	204622.92085	1852927.61439	60	A 6.80 m a la derecha del eje central
140+868.00	140+912.00	204648.04191	1852853.54343	44	A 6.80 m a la derecha del eje central



Inicio	Final	Coordenadas UTM		Longitud (m)	Lado de colocación del muro
		X	Y		
142+107.00	142+133.00	205634.01818	1852184.99261	26	A 6.80 m a la derecha del eje central
142+164.00	142+232.00	205697.17444	1852211.71132	68	A 6.80 m a la derecha del eje central
143+088.00	143+114.00	206358.70962	1851796.40860	26	A 6.80 m a la derecha del eje central
143+906.00	143+928.00	206975.35278	1851283.28771	22	A 6.80 m a la derecha del eje central
144+070.00	144+150.00	207116.34674	1851143.36249	80	A 6.80 m a la derecha del eje central
144+403.00	144+433.00	207417.80004	1851170.33956	30	A 7.20 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 13</b>					
148+925.00	148+970.00	211357.00374	1849492.57733	45	A 6.80 m a la derecha del eje central
149+070.00	149+162.00	211517.01149	1849481.47330	92	A 6.80 m a la derecha del eje central
149+346.00	149+392.00	211755.19417	1849408.32940	46	A 6.80 m a la derecha del eje central
149+714.00	149+812.00	212150.96506	1849438.57354	98	A 25.00 m a la derecha del eje central
150+547.00	150+593.00	212788.36984	1848992.70358	46	A 35.00 m a la derecha del eje central
150+738.00	150+752.00	212917.65933	1848883.13058	14	A 6.80 m a la derecha del eje central
150+842.00	150+856.00	213010.52233	1848825.42960	14	A 50.00 m a la derecha del eje central
151+203.00	151+307.00	213401.78344	1848681.67509	104	A 7.10 m a la derecha del eje central
151+598.00	151+606.00	213714.05669	1848544.25343	8	A 6.80 m a la derecha del eje central
151+964.00	151+976.00	214027.58643	1848371.90274	12	A 28.00 m a la derecha del eje central
152+939.00	153+004.00	215007.09042	1848163.19950	65	A 7.50 m a la derecha del eje central
154+971.00	154+990.00	216650.64638	1847350.51093	19	A 6.80 m a la derecha del eje central
<b>Subtramo 14</b>					
157+485	157+496	218776.09463	1846995.15308	11	A 7.30 m a la derecha del eje central
157+577	157+580	218848.86669	1847053.41744	3	A 6.60 m a la derecha del eje central
158+166	158+272	219391.03592	1847305.45580	106	A 7.60 m a la derecha del eje central
158+690	158+710	219846.86808	1847150.58882	20	A 40.00 m a la derecha del eje central
160+170	160+192	220544.35720	1845960.30829	22	A 6.80 m a la derecha del eje central
160+228	160+272	220582.91256	1845917.47205	44	A 7.10 m a la derecha del eje central
160+292	160+312	220622.65718	1845871.03038	20	A 15.00 m a la derecha del eje central
161+815	161+827	221567.24458	1844775.47101	12	A 6.60 m a la derecha del eje central
161+838	161+934	221634.35706	1844761.25671	96	A 50.00 m a la derecha del eje central
162+157	162+273	221930.73975	1844614.03131	116	A 6.70 m a la derecha del eje central
162+628	162+652	222332.01160	1844540.12649	24	A 7.50 m a la derecha del eje central
163+368	163+392	222863.44535	1844039.45625	24	A 30.00 m a la derecha del eje central
163+408	163+470	222923.25879	1844012.55738	62	A 35.00 m a la derecha del eje central
164+288	164+332	223720.68171	1843718.55672	44	A 30.00 m a la derecha del eje central

#### **II.2.4.2.4 Construcción de obras de drenaje menor**

##### **Excavación y mejoramiento del terreno natural en el sitio de construcción de la obra de drenaje**

La excavación se realiza por medio de equipos mecánicos (retroexcavadora) de acuerdo con los datos de proyecto de cada obra de drenaje.

El desalojo del material producto de excavación (en caso de que éste no cumpla con los requisitos de calidad), es cargado y transportado por camiones de volteo y es depositado en bancos de tiro del proyecto.

Una vez concluida la excavación al 100% y previamente haber revisado los reportes de calidad del terreno, se procede a colocar la plantilla con los materiales que indique el proyecto ejecutivo; en donde sea necesario se colocará un filtro de piedra de material de banco con diámetros aproximados de 3 a 8 pulgadas con el espesor indicado. Solo si el proyecto lo indica, se hace una reposición de concreto hidráulico para dar los niveles de desplante de la obra, sustituyendo concretos ciclópeos con concreto simple según sea el caso.

##### **Colado de cimentación**

Una vez revisada la geometría de la cimbra y los datos del proyecto del desplante de la cimentación, se solicita el concreto a la planta, el cual, es transportado con camión revolvedor. El vaciado del concreto se realiza de acuerdo a las condiciones físicas del terreno, ya sea tiro directo o bombeable según sea el caso, procurando también el buen curado del concreto para evitar posibles fallas en la cimentación. En caso de que no sea posible realizar el colado de la cimentación en una sola etapa (Monolítico). Será necesario dejar las preparaciones para el tratamiento de junta fría, el cual se realizara escarificando el concreto ya endurecido hasta dejar expuesto parte del agregado grueso, posteriormente y previo al colado, la parte escarificada se endurecerá y colocará aditivo para facilitar unión de concretos, procediendo a colocar el concreto restante. Para dar continuidad a la cimentación, en las áreas donde se forme junta fría, se colocara acero de refuerzo de ½" de diámetro, quedando centrados y espaciados a cada 1.5 m o como lo indique el proyecto a lo largo de la junta fría formada.

##### **II.2.4.2.1.a Listado de obras de drenaje menor**

Se tienen proyectadas 318 obras de drenaje menor en el eje del trazo del tramo 2, a base de tubos de acero de 1.50 m y 1.20 m de diámetro, así como bóvedas y cajones. Los escurrimientos más pequeños por su dinámica y drenaje serán canalizados mediante cunetas hacia las obras más cercanas. La superficie de afectación por este tipo de obras se considera dentro de lo estimado para el eje troncal (ver apartado II.2.c.1.1)

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
<b>SB3</b>			
72+709.10	2Tc-1.50 m Ø	159,249.59	1,877,657.94
72+787.90	Tc-1.20 m Ø	159,327.16	1,877,663.75
72+897.00	2Tc-1.50 m Ø	159,439.69	1,877,668.49
73+292.90	B-6.0 x4.0 m.	159,733.72	1,877,918.58
73+631.40	2Tc-1.50 m Ø	160,052.80	1,877,947.28
<b>SB4</b>			
74+024.20	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	160,406.95	1,878,024.09
74+181.60	2Tc-1.50 m Ø	160,507.45	1,878,143.91
74+482.50	Tc-1.50 m Ø	160,793.36	1,878,222.50
74+667.80	Tc-1.50 m Ø	160,972.64	1,878,265.98
74+901.60	2Tc-1.50 m Ø	161,194.78	1,878,340.69
75+536.70	Tc-1.50 m Ø	161,741.94	1,878,539.54
75+842.80	B-4.0x3.0 m	161,927.61	1,878,772.62
76+090.20	Tc-1.50 m Ø	162,145.65	1,878,875.07
76+298.80	Tc-1.20 m Ø	162,346.79	1,878,824.52
76+360.80	2Tc-1.50 m Ø	162,405.00	1,878,805.38
76+528.30	Tc-1.50 m Ø	162,568.94	1,878,763.52
76+578.00	Tc-1.50 m Ø	162,616.29	1,878,754.64
76+752.50	Tc-1.20 m Ø	162,788.08	1,878,726.65
77+112.40	Tc-1.20 m Ø	163,167.73	1,878,702.80
77+268.50	2Tc-1.50 m Ø	163,299.62	1,878,667.47
78+318.80	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	164,167.17	1,878,562.00
78+404.20	Tc-1.50 m Ø	164,204.20	1,878,639.25
78+554.60	Tc-1.50 m Ø	164,272.98	1,878,772.13
78+839.00	Tc-1.50 m Ø	164,523.46	1,878,876.51
78+946.90	Tc-1.50 m Ø	164,624.47	1,878,841.67
79+460.00	Tc-1.50 m Ø	165,004.38	1,878,498.52
79+702.70	Tc-1.50 m Ø	165,240.11	1,878,462.60
79+768.70	Tc-1.50 m Ø	165,307.41	1,878,466.69
79+892.80	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	165,449.08	1,878,476.07
80+230.00	2Tc-1.50 m Ø	165,786.62	1,878,465.13
81+280.00	Tc-1.50 m Ø	166,798.87	1,878,477.38
81+689.00	Tc-1.50 m Ø	167,207.87	1,878,459.74
81+994.00	Tc-1.50 m Ø	167,494.32	1,878,369.82
82+153.00	Tc-1.50 m Ø	167,637.59	1,878,299.64
82+270.00	Tc-1.20 m Ø	167,740.65	1,878,242.21
<b>SB5</b>			
82+543.34	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	167,942.46	1,878,059.47

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
82+840.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	168,199.69	1,877,914.33
82+884.54	Tc-1.20 m Ø	168,240.50	1,877,896.66
82+982.80	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	168,330.27	1,877,857.51
82+998.00	Tc-1.50 m Ø	168,343.79	1,877,851.73
83+300.00	L-6.0x5.0 m	168,618.69	1,877,724.51
83+328.30	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	168,643.85	1,877,711.02
83+686.69	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	168,952.73	1,877,530.69
83+892.00	L-6.0x5.0 m	169,136.45	1,877,443.44
84+095.00	Tc-1.50 m Ø	169,338.83	1,877,447.34
84+242.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	169,485.20	1,877,465.36
84+408.35	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	169,649.90	1,877,485.64
84+575.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	169,815.03	1,877,474.37
84+799.60	2Tc-1.50 m Ø	169,997.49	1,877,346.75
85+160.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muros de anclaje	170,258.78	1,877,101.54
85+420.00	2Tc-1.50 m Ø	170,507.75	1,877,064.78
85+575.00	Tc-1.20 m Ø Caja de ent. y muro de cont.	170,651.25	1,877,015.42
85+840.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	170,851.91	1,876,850.99
86+134.00	Tc-1.50 m Ø	171,115.65	1,876,954.60
86+170.00	Tc-1.50 m Ø	171,146.92	1,876,970.82
86+333.20	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	171,306.01	1,876,971.81
86+400.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	171,367.75	1,876,943.86
86+591.00	Tc-1.50 m Ø	171,551.72	1,876,919.00
86+920.00	TL-2.90 m Ø	171,860.53	1,876,974.74
87+020.00	Tc-1.50 m Ø Muro de cont. y anclaje	171,934.62	1,876,908.22
89+120.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muros de anclaje	172,078.08	1,875,176.07
89+336.25	Tc-1.50 m Ø	172,155.60	1,874,978.97
89+560.00	2Tc-1.50 m Ø	172,244.53	1,874,773.81
89+749.50	2Tc-1.50 m Ø	172,169.82	1,874,606.34
90+177.00	Tc-1.50 m Ø	171,800.59	1,874,402.01
90+382.00	Tc-1.20 m Ø	171,719.86	1,874,212.91
90+472.00	Tc-1.20 m Ø	171,699.94	1,874,126.10
90+567.70	Tc-1.50 m Ø	171,678.37	1,874,032.36
90+900.00	Tc-1.50 m Ø	171,691.65	1,873,706.43
<b>SB6</b>			
91+186.50	TC-1.50 m Ø	171,813.73	1,873,444.72
91+365.70	2 TC-1.50 m Ø	171,888.42	1,873,283.62
91+507.40	TC-1.50 m Ø	171,890.33	1,873,143.68
91+784.85	TC-1.20 m Ø	171,815.73	1,872,876.99
92+029.91	TC-1.20 m Ø	171,892.86	1,872,649.36

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
92+260	TC- 120 m Ø	172,053.41	1,872,318.98
92+398.55	TC-1.50 m Ø	172,066.85	1,872,248.98
92+470.24	B- 3.00 x 1.50 m	172,108.26	1,872,040.75
92+684.49	2 TC-1.50 m Ø	172,233.30	1,871,865.23
92+901.40	2 TC-1.50 m Ø	172,403.65	1,871,148.76
93+831.50	2TC-1.20 m Ø	172,407.96	1,870,805.93
94+180	TC-1.20 m Ø	172,404.04	1,870,754.36
94+232.80	2 TC-1.50 m Ø	172,945.70	1,870,457.71
94+911.30	2Tc - 1.50 m Ø	173,465.94	1,870,271.53
95+500.00	Tc- 1.50 m Ø Muros de anclaje y cont	173,811.24	1,870,180.68
95+860.00	Tc- 1.50 m Ø Muros de anclaje	173,882.35	1,870,166.85
95+933.70	Tc- 1.50 m Ø	174,103.23	1,870,340.36
96+236.70	Tc - 1.20 m Ø	174,134.77	1,870,397.51
96+300	TC-1.20 m Ø	174,521.48	1,870,378.84
96+723.50	TC-1.50 m Ø	174,637.37	1,870,351.01
96+865.60	TC-1.50 m Ø	174,802.17	1,870,448.44
97+063.70	TC-1.50 m Ø	174,853.52	1,870,585.45
97+209	TC-1.50 m Ø	175,726.30	1,870,820.65
98+325.50	TC-1.50 m Ø	175,726.30	1,870,820.65
98+640	TC-1.20 m Ø	175,767.72	1,870,512.23
98+763.70	2 TC-1.50 m Ø	175,748.99	1,870,390.40
<b>SB7</b>			
99+346.50	Tc-1.50 m Ø	176,073.66	1,870,068.09
99+583.70	Tc-1.50 m Ø	176,309.13	1,870,080.90
99+780.00	Tc-1.50 m Ø	176,459.12	1,869,963.84
99+975.00	Tc-1.50 m Ø	176,508.67	1,869,774.71
100+020.00	Tc-1.50 m Ø	176,522.52	1,869,732.89
100+171.40	Tc-1.20 m Ø	176,614.23	1,869,615.42
100+220.00	Tc-1.20 m Ø	176,653.46	1,869,584.09
100+509.60	Tc-1.50 m Ø	176,904.47	1,869,456.25
100+661.30	Tc-1.50 m Ø	177,049.47	1,869,494.86
100+784.46	Tc-1.20 m Ø	177,143.04	1,869,574.09
101+044.82	Tc-1.50 m Ø	177,365.57	1,869,694.65
101+161.60	Tc-1.50 m Ø	177,480.34	1,869,674.68
101+608.36	Tc-1.50 m Ø	177,618.74	1,869,302.86
102+125.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	177,202.37	1,869,064.10
102+360.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	176,971.76	1,869,036.67
102+670.30	Tc-1.50 m Ø	176,750.54	1,868,821.26
102+792.00	Tc-1.50 m Ø	176,667.94	1,868,732.41

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
102+844.66	Tc-1.20 m Ø	176,632.88	1,868,693.93
103+401.31	Tc-1.20 m Ø	176,386.07	1,868,228.78
103+442.50	Tc-1.20 m Ø	176,400.34	1,868,190.40
103+586.58	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	176,460.20	1,868,061.66
104+126.20	Tc-1.50 m Ø	176,793.69	1,867,679.23
104+388.90	Tc-1.50 m Ø	177,032.14	1,867,774.12
104+820.00	Tc-1.50 m Ø Muro de Contencion	177,440.40	1,867,860.22
104+974.60	Tc-1.50 m Ø	177,585.08	1,867,808.02
105+120.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	177,688.39	1,867,707.50
106+020.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	178,218.57	1,867,102.10
<b>SB8</b>			
106+270.00	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	178,459.00	1,867,042.39
106+350.00	Tc-1.20 m Ø Caja de Ent. y muros	178,536.68	1,867,021.88
106+470.00	Tc-1.20 m Ø	178,653.65	1,866,993.56
106+950.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro Der.	179,085.68	1,866,815.92
107+254.00	Tc-1.20 m Ø	179,313.40	1,866,619.43
107+436.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro Der.	179,424.98	1,866,476.14
107+795.00	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	179,734.17	1,866,301.40
108+289.50	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	180,096.35	1,865,990.76
108+800.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	180,579.69	1,865,946.73
109+048.00	Tc-1.50 m Ø	180,786.82	1,865,821.32
109+130.00	Tc-1.50 m Ø	180,860.99	1,865,786.55
109+388.00	Tc-1.50 m Ø	180,993.16	1,865,569.06
109+479.40	Tc-1.50 m Ø	181,032.02	1,865,487.42
110+160.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	181,103.28	1,864,855.93
110+432.00	Tc-1.20 m Ø	181,198.19	1,864,609.49
110+600.00	Tc-1.50 m Ø	181,273.23	1,864,461.53
110+780.00	Tc-1.50 m Ø	181,435.72	1,864,391.98
112+126.00	B-3.0x2.0 m	182,558.30	1,864,580.17
112+309.00	Tc-1.20 m Ø Muros de Anclaje	182,676.71	1,864,447.15
112+390.00	Tc-1.50 m Ø	182,686.01	1,864,365.37
112+563.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	182,717.91	1,864,199.46
112+673.00	Tc-1.50 m Ø	182,795.53	1,864,124.30
112+846.30	2Tc-1.50 m Ø	182,941.40	1,864,031.61
113+006.10	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	183,003.64	1,863,888.60
113+220.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	182,993.54	1,863,674.95
113+400.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro Der.	183,046.69	1,863,503.63
113+843.50	Tc-1.50 m Ø Caja de Entrada	183,423.73	1,863,384.46
114+038.40	2Tc-1.50 m Ø	183,614.26	1,863,418.74



ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
114+195.00	C-4.0x2.5 m P.S.P. y G.	183,765.58	1,863,464.52
114+274.30	Tc-1.50 m Ø	183,840.02	1,863,491.50
114+437.50	Tc-1.50 m Ø	183,994.55	1,863,541.23
114+702.80	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	184,237.76	1,863,461.34
<b>SB9</b>			
114+935.00	Tc-1.50 m Ø	184,417.36	1,863,312.49
115+650.00	C-4-0x2.5 m.	185,062.30	1,863,179.46
116+076.80	Tc-1.50 m Ø	185,291.18	1,862,842.66
116+172.91	Tc-1.20 m Ø	185,366.57	1,862,785.23
116+570.00	C-4-0x2.5 m.	185,514.85	1,862,440.26
117+500.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	186,190.46	1,861,774.40
118+600.00	Tc-1.20 m Ø Muro de cont. y anclaje	187,053.83	1,861,092.64
119+040.00	Tc-1.20 m Ø Muro de cont. y anclaje	187,413.19	1,860,839.80
119+300.00	Tc-1.20 m Ø	187,599.48	1,860,658.70
120+304.39	Tc-1.50 m Ø Muro de cont.	188,107.73	1,859,893.54
121+253.25	Tc-1.50 m Ø Muro de cont.	188,758.11	1,859,309.77
121+369.16	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	188,829.52	1,859,217.05
121+580.00	Tc-1.20 m Ø Muro de cont. y Caja	188,876.84	1,859,013.66
121+846.50	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	189,056.83	1,858,843.50
122+162.90	Tc-1.50 m Ø	189,297.34	1,859,011.37
122+409.80	2Tc-1.50 m Ø	189,429.46	1,859,216.53
122+605.20	Tc-1.50 m Ø	189,614.79	1,859,256.37
122+797.70	Tc-1.50 m Ø	189,778.43	1,859,156.89
122+867.30	Tc-1.20 m Ø	189,830.58	1,859,111.79
123+062.70	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	189,898.34	1,858,935.50
123+142.70	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	189,901.35	1,858,855.85
123+578.10	Tc-1.50 m Ø	190,185.94	1,858,579.29
124+026.10	Tc-1.50 m Ø	190,575.83	1,858,548.30
124+534.20	Tc-1.50 m Ø	190,852.56	1,858,921.11
124+720.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	191,032.01	1,858,880.20
125+222.00	Tc-1.50 m Ø	191,521.32	1,858,809.72
125+460.00	C-6.0x5.0 m P.S.V. (Mixta)	191,731.32	1,858,921.12
125+920.00	Tc-1.50 m Ø	192,135.36	1,859,140.61
126+574.00	Tc-1.20 m Ø	192,763.78	1,858,986.01
126+695.68	Tc-1.50 m Ø	192,884.72	1,858,972.91
127+197.50	Tc-1.50 m Ø	193,383.95	1,859,019.71
127+470.20	Tc-1.50 m Ø	193,650.16	1,858,975.78
127+640.00	Tc-1.50 m Ø	193,812.06	1,858,923.04
526+774.00	Tc-1.20 m Ø	194,250.09	1,858,768.08

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
527+026.50	2Tc-1.50 m Ø	194,324.27	1,858,543.35
527+240.80	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	194,270.10	1,858,336.63
527+440.00	Tc-1.20 m Ø Muros de Anclaje	194,351.24	1,858,156.24
527+536.10	Tc-1.50 m Ø	194,384.15	1,858,067.27
527+758.70	3Tc-1.50 m Ø	194,504.17	1,857,887.94
127+980.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	194,719.19	1,857,836.84
128+091.40	Tc-1.50 m Ø	194,805.58	1,857,770.70
128+193.00	Tc-1.20 m Ø Caja y muros de anclaje	194,847.97	1,857,679.68
<b>SB10</b>			
128+360.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro de contención	194,916.54	1,857,526.97
128+620.00	Tc-1.50 m Ø Caja y Muro de contención	195,153.84	1,857,447.85
128+768.90	Tc-1.50 m Ø Caja y Muro de contención	195,303.54	1,857,442.60
129+020.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	195,550.89	1,857,407.69
129+260.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	195,787.49	1,857,444.81
129+380.00	Tc-1.50 m Ø Caja y Muro de contención	195,906.46	1,857,438.16
129+600.40	2Tc-1.50 m Ø Muro de Contención	196,114.70	1,857,367.01
129+829.30	2Tc-1.50 m Ø Caja de entrada	196,337.60	1,857,352.29
130+080.00	2Tc-1.20 m Ø	196,573.91	1,857,434.49
130+158.20	L- 4.0 X 2.50 m	196,636.65	1,857,440.60
130+423.64	Tc-1.50 m Ø Caja y Muro de contención	196,875.30	1,857,309.71
130+660.00	Tc-1.50 m Ø Caja y Muro de contención	197,074.56	1,857,189.65
130+981.80	2Tc-1.50 m Ø	197,348.40	1,857,036.77
131+090.60	2Tc-1.20 m Ø	197,387.60	1,856,936.14
131+580.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro de cont.	197,432.87	1,856,454.11
131+844.00	Tc-1.20 m Ø	197,598.33	1,856,251.70
132+555.00	2Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	198,279.52	1,856,223.18
133+145.00	Tc-1.20 m Ø Muro de contención	198,839.93	1,856,074.38
133+544.89	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	199,232.86	1,856,110.78
<b>SB11</b>			
133+858.60	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	199,542.76	1,856,154.21
134+184.60	Tc-1.20 m Ø	199,862.20	1,856,098.81
134+483.70	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	200,156.86	1,856,125.46
134+991.90	Tc-1.50 m Ø	200,617.17	1,855,911.32
135+227.70	2Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	200,820.68	1,855,789.46
135+540.00	Tc-1.50 m Ø	201,033.65	1,855,567.46
135+978.68	Tc-1.50 m Ø	201,319.20	1,855,253.70
136+073.80	Tc-1.50 m Ø	201,403.35	1,855,218.55
136+251.00	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	201,569.24	1,855,148.38
136+320.00	Tc-1.20 m Ø	201,633.50	1,855,121.57

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
136+540.00	Tc-1.50 m Ø	201,798.28	1,854,983.85
136+685.19	Tc-1.20 m Ø	201,831.39	1,854,843.94
136+878.30	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	201,845.82	1,854,651.76
137+106.60	Tc-1.50 m Ø	201,896.03	1,854,431.05
137+433.80	Tc-1.50 m Ø Caja de Entrada	202,094.80	1,854,178.92
137+776.47	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	202,432.95	1,854,168.51
138+396.30	Tc-1.50 m Ø	203,043.22	1,854,072.08
138+643.40	2Tc-1.20 m Ø	203,287.64	1,854,104.75
139+268.90	2Tc-1.50 m Ø Muro de contención	203,906.06	1,854,142.06
139+900.00	Tc-1.50 m Ø	204,054.82	1,853,580.09
140+020.00	Tc-1.20 m Ø	204,150.52	1,853,509.14
140+235.00	Tc-1.50 m Ø	204,333.58	1,853,396.54
140+320.00	Tc-1.20 m Ø	204,406.06	1,853,351.52
<b>SB12</b>			
140+700.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	204,601.97	1,853,038.65
140+800.00	Tc-1.20 m Ø	204,632.24	1,852,943.47
141+200.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	204,842.17	1,852,612.10
142+252.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	205,746.89	1,852,253.53
142+289.92	Tc-1.50 m Ø	205,782.65	1,852,268.01
142+706.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	206,157.74	1,852,114.91
143+050.00	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	206,352.20	1,851,849.59
143+308.58	Tc-1.20 m Ø	206,495.24	1,851,641.31
143+540.00	Tc-1.20 m Ø	206,704.44	1,851,543.07
143+930.67	Tc-1.20 m Ø Muros de Anclaje	206,994.30	1,851,283.69
544+120.00	Tc-1.20 m Ø	207,131.49	1,851,154.07
544+445.00	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	207,436.84	1,851,192.41
544+686.59	Tc-1.50 m Ø	207,675.34	1,851,204.24
544+900.00	Tc-1.20 m Ø Obra de Alivio	207,859.24	1,851,104.56
146+020.00	Tc-1.20 m Ø caja de entrada	208,782.10	1,850,543.61
146+412.00	Tc-1.50 m Ø	209,104.01	1,850,346.33
146+474.50	Tc-1.50 m Ø	209,159.23	1,850,315.42
146+532.91	Tc-1.50 m Ø	209,208.17	1,850,288.51
147+020.00	Tc-1.20 m Ø caja de entrada	209,685.26	1,850,210.81
147+247.42	B- 3.0 x 2.0 m Concreto Armado	209,911.67	1,850,208.75
147+340.00	Tc-1.20 m Ø	210,004.58	1,850,208.26
147+431.88	2Tc-1.50 m Ø	210,095.27	1,850,206.13
<b>SB13</b>			
149+180	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	211,590.69	1,849,482.05
149+646.70	L- 3.00 x 1.50 m	212,035.99	1,849,432.53

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
149+780	TC-1.50 m Ø Muro de sost. y aclaje	212,169.48	1,849,449.25
150+140	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	212,486.96	1,849,285.58
150+360	TC-1.50 m Ø	212,654.81	1,849,144.34
150+442.50	TC-1.20 m Ø	212,711.74	1,849,086.41
150+760	Tc -1.50 m Ø Muros de anclaje	212,944.49	1,848,876.10
150+849.26	2Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	213,026.61	1,848,829.82
151+400	TC-1.20 m Ø	213,544.38	1,848,644.76
152+211.18	TC-1.20 m Ø	214,270.12	1,848,287.18
152+440	TC-1.50 m Ø	214,493.46	1,848,231.28
152+560	Tc-1.20 m Ø Muros de Anclaje	214,609.80	1,848,204.27
152+660	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	214,707.97	1,848,183.85
153+351	B- 6.00 x 2.50 m	215,271.68	1,847,918.62
153+474.60	TC-1.50 m Ø	215,318.46	1,847,804.26
153+820	TC-1.50 m Ø	215,515.93	1,847,531.90
154+212.41	TC-1.20 m Ø	215,899.33	1,847,463.65
154+443.50	2TC-1.50 m Ø	216,130.01	1,847,437.53
154+660	B- 3.00 x 1.50 m	216,345.57	1,847,411.91
154+751	TC-1.50 m Ø	216,440.98	1,847,397.44
154+980	TC-1.50 m Ø	216,660.81	1,847,361.62
155+294.90	B- 3.00 x 2.00 m	216,964.74	1,847,286.73
155+464.30	TC-1.50 m Ø	217,105.06	1,847,175.50
155+549.81	TC-1.20 m Ø	217,161.44	1,847,125.61
155+600	TC-1.50 m Ø	217,199.27	1,847,092.62
155+749.60	TC-1.20 m Ø	217,313.18	1,846,995.50
156+380	B- 3.00 x 1.50 m	217,929.07	1,846,951.72
156+512.93	TC-1.50 m Ø	218,054.49	1,846,922.65
<b>SB14</b>			
157+203.04	Tc-1.20 m Ø caja de entrada	218,601.11	1,846,777.57
157+438.30	Tc-1.50 m Ø	218,734.21	1,846,972.00
157+543.61	Tc-1.50 m Ø	218,812.20	1,847,042.09
157+905.83	B-6.0x3.0 m	219,108.53	1,847,247.43
158+063.13	B-3.0x2.0 m	219,247.56	1,847,322.50
159+036.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	219,963.18	1,846,857.94
159+332.28	Tc-1.50 m Ø	219,974.50	1,846,563.20
159+963.60	B-3.0x2.0 m	220,409.42	1,846,131.71
160+340.00	2Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	220,660.58	1,845,850.98
161+387.50	Tc-1.50 m Ø	221,203.95	1,844,983.24
161+465.18	Tc-1.50 m Ø	221,265.44	1,844,934.56
161+800.00	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	221,557.24	1,844,787.02

ESTACIÓN	TIPO DE OBRA	Coordenadas UTM	
		X	Y
161+920.00	B-3.0x2.0 m Muro de contención	221,673.90	1,844,757.52
162+435.44	Tc-1.50 m Ø	222,155.57	1,844,603.06
162+508.57	2Tc-1.50 m Ø	222,226.55	1,844,592.18
162+558.00	2Tc-1.50 m Ø	222,273.21	1,844,578.53
162+700.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muros de anclaje	222,393.92	1,844,503.34
163+236.17	Tc-1.50 m Ø	222,740.20	1,844,109.34
163+395.77	Tc-1.50 m Ø Muro de contención	222,887.17	1,844,044.06
163+680.00	2Tc-1.50 m Ø	223,144.71	1,843,926.06
163+856.17	Tc-1.50 m Ø	223,296.53	1,843,837.29
164+240.00	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	223,653.62	1,843,724.90
164+272.70	Tc-1.50 m Ø	223,685.67	1,843,729.50
164+391.45	2Tc-1.50 m Ø	223,802.59	1,843,747.11
164+892.61	Tc-1.50 m Ø	224,297.91	1,843,823.35
164+960.00	B-3.0x2.0 m	224,366.64	1,843,824.17
165+162.00	Tc-1.20 m Ø Caja y Muros de anclaje	224,552.85	1,843,752.57
165+320.00	Tc-1.50 m Ø	224,678.93	1,843,658.60
165+680.00	Tc-1.20 m Ø Caja de Entrada	224,997.57	1,843,508.40

#### II.2.4.2.2 Construcción de obras complementarias de drenaje

Las obras complementarias de drenaje superficial consisten en cunetas, bordillos, lavaderos y contracunetas, estos elementos físicos sirven para dar salida al agua y evitar su acumulación en la carretera, y reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia esta y evitar que provoque daños estructurales.

Las **cunetas** son zanjas que se construirán adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes, del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.

La conformación de las zanjas para formar las cunetas, se efectuará mediante excavación, de acuerdo con las secciones, niveles, alineación y acabados establecidos en el proyecto. La pendiente de la cuneta será la misma que la de la carretera. Cuando la sección de la carretera pase de corte a terraplén, se prolongará la longitud necesaria en diagonal, siguiendo la conformación del terreno, para desfogar el agua en terreno natural, en la obra de drenaje más cercana o hasta donde establezca el proyecto.

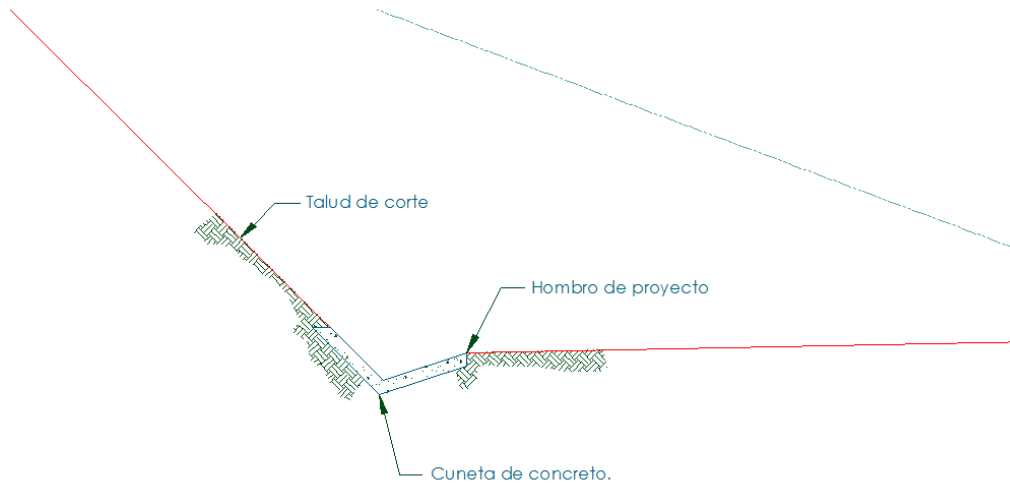


Imagen II.59 Sección tipo cuneta

Una vez terminada la conformación, se revestirá la cuneta mediante zampeado para protegerla contra la erosión. Previo a la colocación del revestimiento, la superficie por cubrir estará afinada, humedecida y compactada. El tipo de recubrimiento, su espesor, la resistencia del concreto hidráulico o la proporción del suelo- cemento, serán los que establezca el proyecto ejecutivo. El recubrimiento con concreto hidráulico simple, se construirá con juntas frías cada metro, mediante colado de las losas en forma alterada y con longitud mínima de 1 m.

Las **contracunetas** son zanjas o bordos que se construyen en las laderas localizadas aguas arriba de los taludes de los cortes, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie del terreno natural, conduciéndola a una cañada inmediata o a una parte baja del terreno, para evitar el saturamiento hidráulico de la cuneta y el deslave o erosión del corte. Se ubicarán a una distancia mínima de 5 m con respecto al cero del corte. Su punto de partida será la parte superior del corte, con un desarrollo sensiblemente paralelo al mismo y transversal al escurrimiento de la ladera. En laderas con pendiente mayor a 30 grados, se conformará siguiendo la tendencia general de las curvas de nivel, para evitar que tenga pendientes mayores de 20%. La longitud de la contracuneta será la suficiente para llevar el agua desde el parteaguas hasta su desembocadura, generalmente en el fondo del cauce natural al que descarga. Una vez terminada la excavación se revestirá la contracuneta mediante un zampeado para protegerla contra la erosión, previo al revestimiento la superficie por cubrir estará afinada, humedecida y compactada al grado establecido en el proyecto ejecutivo.



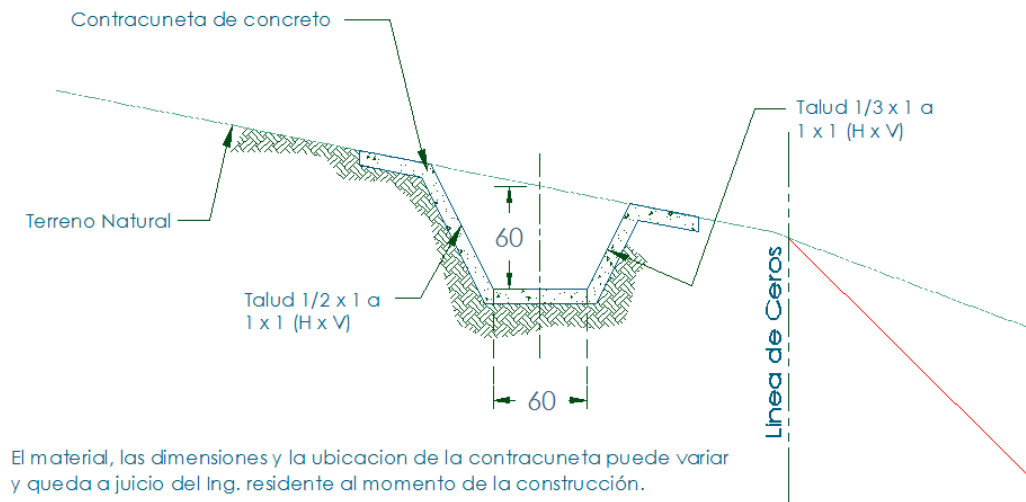


Imagen II.60 Sección tipo contracuneta

Los **bordillos** son elementos que interceptan y conducen el agua que por el efecto del bombeo corre sobre la corona de la carretera, descargándola en los lavaderos, para evitar erosión a los taludes de los terraplenes que estén conformados por material erosionable. Se construirán en los terraplenes mayores a 1.5 m de altura, conforme las dimensiones y características establecidas en el proyecto ejecutivo. Se ubicarán longitudinalmente en ambos lados en los terraplenes que se encuentren en tangente, solo en el acotamiento interno de los terraplenes en curva horizontal y en la zona de terraplén de las secciones de corte en balcón. Se colocarán en el lado exterior del acotamiento y a una distancia de 20 cm del hombro de la carretera. No se construirán bordillos y lavaderos en tramos de carretera sin pendiente longitudinal. En los tramos en tangente se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia los lavaderos ubicados a una distancia de entre 50 y 100 m, a menos que el proyecto ejecutivo indique otra cosa.

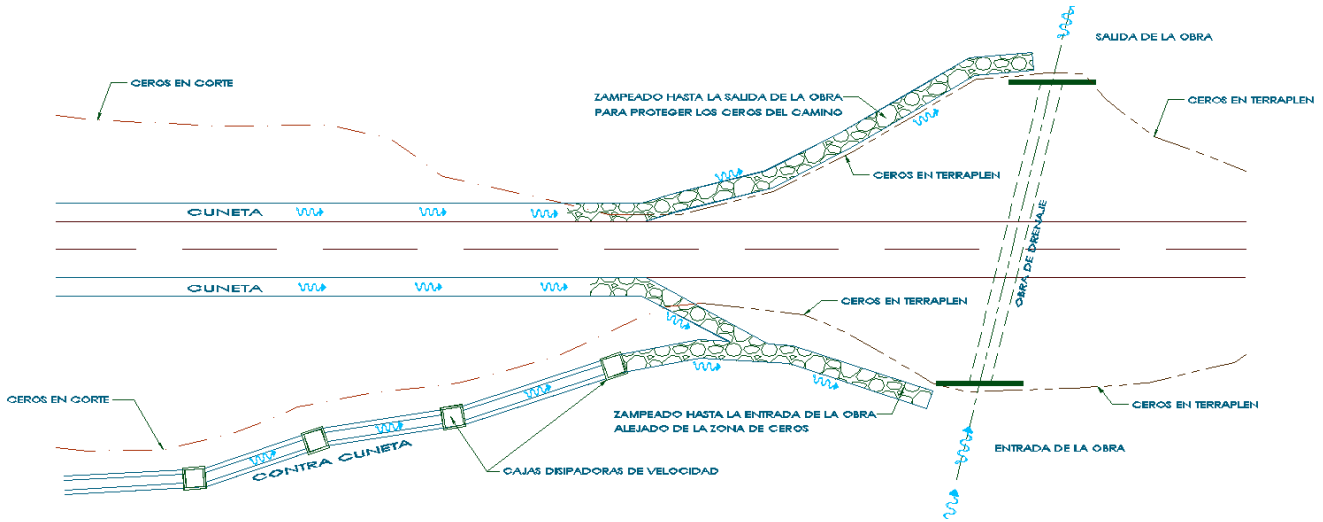


Imagen II.61

Representación de la ubicación de cunetas y contracunetas

Los **lavaderos** son canales que conducen y descargan el agua recolectada por los bordillos y cunetas, a lugares donde no cause daño a la estructura del pavimento. Se colocan en las salidas de las alcantarillas o en algunos puntos de la carretera, su función es eliminar los daños que origina la velocidad del agua en los terrenos, principalmente en los que son susceptibles a la erosión. Se construirán sobre el talud y a ambos lados de los terraplenes en tangente, de preferencia en las partes con menor altura; solo en el talud interno de los terraplenes en curva horizontal en su parte más baja; en las partes más bajas de las curvas verticales, en las secciones de corte en que se haya interceptado un escurrimiento natural que pase arriba de la rasante, que deba continuar drenando, y en las salidas de las obras menores de drenaje que lo requieran. En los taludes de los cortes, los lavaderos se ubicarán de tal manera que capturen el escurrimiento desde el punto superior y lo conduzcan hasta la parte inferior del corte, descargándolo a una caja amortiguadora ubicada al pie del lavadero y conectada a una cuneta o a una alcantarilla que permita el paso del escurrimiento aguas abajo. La excavación tendrá un ancho igual al ancho exterior del lavadero y una profundidad máxima igual a la profundidad del mismo, con las paredes correctamente perfiladas para alojar la sección del lavadero, prolongando la excavación hasta interceptar la superficie de acotamiento. El fondo de la excavación en que se asentara el lavadero estará exento de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades. Los lavaderos para descargas de cunetas y contracunetas, se prolongarán hasta desfogar en el terreno natural o en la alcantarilla más cercana; la sección de lavadero se ampliara para admitir la descarga con una menor pendiente. Se revestirá los lavaderos mediante zampeado para protegerlo contra la erosión, en el caso que sea necesario reducir la velocidad del agua en los lavaderos revestidos, se construirán escalones con disipadores de energía. En el caso de lavaderos para descargas de cunetas y contracunetas que desfoguen en el terreno natural, será necesario construir un dentellón en el extremo de la descarga para evitar la erosión remontante, así como un delantal de protección hecho con fragmentos de roca.

El eje troncal del tramo 2 tiene proyectada la construcción de obras complementarias de drenaje a lo largo del mismo, en las siguientes longitudes y lados de la carretera.

Tabla II.33 Obras complementarias de drenaje

	Cunetas		Bordillos		Lavaderos		Contracunetas	
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
Subtramo 3	1,170.00	1,020.00	330.00	480.00	5	10	380.00	220.00
Subtramo 4	5,561.77	4,681.77	2,655.00	3,535.00	52	66	3,601.77	871.77
Subtramo 5	5,630.82	4,935.82	1,235.00	1,930.00	27	40	2,390.00	430.00
Subtramo 6	4,742.98	5,112.98	2,911.74	2,541.74	60	51	1,230.00	3,070.00
Subtramo 7	4,168.92	4,968.92	2,448.26	1,648.26	51	40	1,443.92	3,510.00
Subtramo 8	6,884.99	5,259.98	1,280.00	2,905.00	31	62	3,656.08	830.00
Subtramo 9	8,308.85	7,153.75	4,495.00	5,650.10	89	109	3,380.00	1,480.00
Subtramo 10	5,081.37	2,857.47	340.00	2,563.90	8	57	2,417.47	0.00
Subtramo 11	5,195.72	3,417.72	1,073.00	2,851.00	32	63	2,768.72	230.00
Subtramo 12	5,112.54	4,100.54	860.00	1,872.00	24	44	2,363.81	370.00
Subtramo 13	6,358.00	5,030.00	1,585.00	2,913.00	42	64	2,703.00	360.00
Subtramo 14	6,560.00	5,550.00	1,838.37	2,848.37	38	58	3,250.00	610.00
<b>Totales</b>	<b>64,775.96</b>	<b>54,088.95</b>	<b>21,051.37</b>	<b>31,738.37</b>	<b>459</b>	<b>664</b>	<b>29,584.77</b>	<b>11,981.77</b>

Las cunetas se construirán en un 68% del lado izquierdo y un 57% del lado derecho de la longitud que tiene el tramo 2. Los bordillos se construirán en un 22% del lado izquierdo y un 34% del lado derecho. Las contracunetas se construirán en un 31% del lado izquierdo y un 13% de lado derecho. Los lavaderos se construirán 459 del lado izquierdo y 664 del lado derecho de la carretera. La ubicación específica de cada una estas obras complementarias se presentan en el Capítulo VIII, Apartado VIII.2, Anexos Digitales del Capítulo II, II.G.

### II.2.4.3 Innovación en sistemas constructivos ecológicamente sustentables

Los métodos propuestos que se han presentado y autorizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes como una mejora al proyecto modificado son los siguientes:

1. Sustitución de muros de concreto armado por muros de tierra reforzados con geomalla y fachada vegetal (muros verdes).
2. Utilización de Biotecnología para control de erosión en los taludes.
3. Sustitución de tuberías de concreto armado por tuberías de lámina de acero corrugado.

Para hablar de las ventajas que presentan estas propuestas comentaremos los principales beneficios de cada uno de ellos:

### 1. **Sustitución de muros de concreto armado por muros de tierra reforzada con geomalla y fachada vegetal( muros verdes)**

El proyecto desarrollado demanda la construcción de 153 muros de contención mismos que conforme los requerimientos técnicos de la obra se indica su construcción bajo el sistema tradicional de concreto armado, este método consiste en la construcción de un muro formado por la combinación de concreto hidráulico y acero de refuerzo para integrar una estructura con la propiedades que cada uno de ellos aporta, estos elementos son colados en sitio y para su construcción se requiere realizar actividades previas de excavación, además su construcción requiere de una cimentación.



Imagen II.62

Construcción de muro concreto armado y apariencia muro de concreto

Dado el gran número de muros (estructuras) requeridos se propone con un criterio técnico estudiado mediante la sustitución del 50% de los muros de concreto por unos muros de tierra con refuerzo de geosintético y fachada vegetal.

Los muros de tierra reforzados con geomalla y fachada vegetal consisten en estructuras que se construyen con materiales procedentes de cortes con el fin de obtener un nivel de subrasante adicionándole elementos transversales plásticos que le proporcionan al suelo la capacidad de resistir esfuerzos de tensión, permitiendo la obtención de taludes menos tendidos que los que se podrían lograr sin elementos estructurales de contención (Muro de concreto armado) formando un muro de contención con el suelo y su refuerzo.



Imagen II.63

Construcción de Muro Verde y Apariencia muro verde

En forma resumida mencionaremos las ventajas que tienen los muros de tierra reforzado con geomalla (muros verdes) respecto a los de concreto armado:

- a. Son más resistentes frente acciones sísmicas que un muro de concreto armado, ya que son flexibles, absorben la energía sísmica transformándola en una combinación de deformaciones y tensiones en el refuerzo, que ayudan a limitar las deformaciones a valores admisibles, gran beneficio al desarrollarse el proyecto en Oaxaca que es una zona altamente sísmica.
- b. Otra ventaja del muro de tierra reforzado es que tiene requerimientos de cimentación menores a los de concreto, ya que permite tener menores capacidades de carga del terreno, lo que se refleja en excavaciones para la cimentación de mucha menor profundidad.
- c. La principal ventaja es su amigabilidad con el medio ambiente, ya que:
  - Requiere menores áreas de construcción para alojar el proyecto. En la Figura 1 se elimina la necesidad del área para construcción de terraplén, lo que es equivalente a la disminución de 977 m<sup>2</sup> de áreas a deforestar en solo la modificación de un muro en el Km 95+528
  - La fabricación de los materiales con que se construye deja una huella ecológica de menos del 80% respecto a la huella de fabricación de los materiales para la construcción del muro de concreto.
  - Una vez concluido, la fachada es re-vegetada mediante una siembra de especies vegetales, por lo que su aspecto final queda totalmente integrado al entorno.



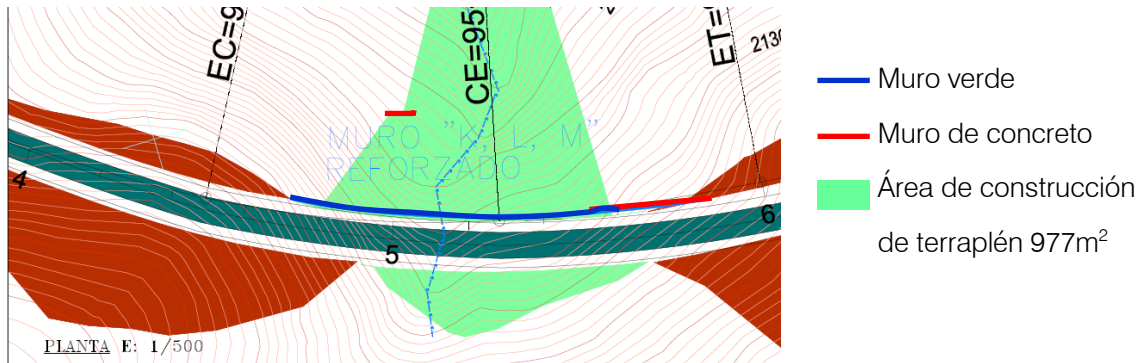


Imagen II.64

Planta Comparativa de Solución de diseño de ingeniería con muro verde vs. Muro de Concreto armado

Finalmente mencionaremos que una de las ventajas importantes que ofrece el cambio de la construcción de muros de tierra reforzada con geomalla como alternativa a los muros de concreto armado es la reducción considerablemente del tiempo de construcción, esta ventaja es descrita la FHWA en su documento “Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes (Diseño y Construcción de Muros de Suelo Mecánicamente Estabilizado y Taludes Reforzados)”.

## 2. Utilización de Biotecnología para el control de erosión en los taludes.

Se han localizado en el proyecto zonas donde la vegetación natural, por sí sola, no es suficiente para resistir las condiciones de flujo y no provee la protección suficiente para la erosión a corto o largo plazo, por ello, se analizó y presento la propuesta del uso de biotecnología para control de erosión ya que las soluciones tradicionales como podría ser el empleo de concreto lanzado o malla mortero no permiten pequeñas deformaciones propias del terreno natural lo que los hace rígidos y por tanto, propensos a fallar en corto plazo.

El uso de biotecnología para control de erosión consiste en la utilización de mantos temporales o permanentes, que son esterillas flexibles que se encuentran conformados por fibras sintéticas que garantizan la protección del suelo, el refuerzo y el buen establecimiento de la vegetación (Imagen II.65).





Imagen II.65

De izquierda a derecha: Mantos Permanentes, colocación de mantos permanentes y Manto Permanente instalado.

A la fecha, se han localizado zonas donde se empleara este sistema para el control de erosión como los taludes y se continuara con la observación, análisis y estudio del resto de los taludes de los cortes durante la construcción del proyecto para el empleo de mantos acorde a las características de geometría (longitud, altura y pendiente) así como tipo de suelo.

El limitar la erosión del suelo no es la única ventaja de la utilización de mantos, además se tienen las siguientes:

- a) Su biodegradación o fotodegradación (Una vez degradado el manto se integra al suelo) en el caso de los mantos temporales, los permanentes no son degradables.
- b) Conserva la humedad del suelo que ayuda a promover la germinación de la semilla
- c) Protegen las semillas de las plantas, permitiendo un mejor establecimiento de la vegetación
- d) Su durabilidad o longevidad funcional ya que va que puede llegar hasta los 50 años aproximadamente (permanentes).

Es importante resaltar comentar que la estabilidad geotécnica de taludes será tratado por separado.

### 3. Sustitución de tuberías de concreto armado por tuberías de lámina de acero corrugado

Con la finalidad de mejorar la calidad de las obras de drenaje y en favor de la utilización de materiales sustentables, se propuso la sustitución de tuberías de concreto armado por tuberías de lámina de acero corrugado trayendo como consecuencia el aumento de la vida útil de las obras y la eficiencia de las mismas por la facilidad de colocación de la tubería de lámina de acero, mejor desempeño hidráulico ya que cuenta con una superficie más lisa (menor coeficiente de rugosidad) así como mayor resistencia a sobrecargas generadas por el propio terraplén.

La fabricación de la tubería de lámina de acero se realiza troquelando la corrugación de manera controlada, haciendo pasar la lámina del rollo o bobina (previamente galvanizado o revestido), por una espiral continua, similar a las cuerdas de un tornillo, y engrapando a presión hidráulica los extremos,

derivando en estructuras monolíticas de la longitud requerida con una mayor resistencia que cualquier otro sistema de drenaje.

La tubería de lámina de acero no solo es un producto fabricado como elemento monolítico de gran calidad, sino es la solución para drenaje más verde por su alto contenido de reciclado. El acero producido hace 150 años termina reciclado en nuevos productos incluyendo la tubería de lámina de acero. Cada tonelada de acero reciclado, ahorra alrededor de una tonelada y media de mineral de hierro, un 85% de agua, un 80% de energía y un 95% de carbón.

Las tuberías de lámina de acero no solo utilizan un material con alto contenido de reciclado sino también aportan los siguientes beneficios:

- Aumentar la vida de las obras de drenaje hasta 100 años
- Ahorra energía y tiempo durante su instalación. El tubo de lámina pesa 10% de lo que pesa un tubo de concreto lo que lo hace más manejable para su transporte y hace rápida su instalación (Imagen II.66 e Imagen II.67)
- La flexibilidad de la estructura permite su adaptación a condiciones desfavorables del terreno, asentamientos diferenciales, movimientos sísmicos, que provocarían la aparición de grietas y el posterior hundimiento en estructuras rígidas de concreto.

En el proyecto modificado a construir se está considerando la sustitución de 206 tuberías de concreto por tuberías de lámina de acero corrugado, equivalente a modificar el 67%.



Imagen II.66

Figura 3. Armado de Tubería de Lámina de acero



Imagen II.67 Colocación de Tubería de concreto

#### II.2.4.4 Pavimentos

En este proyecto se contempla realizar la construcción de un cuerpo nuevo de 12.00 m de corona que estará constituido por dos carriles de circulación de 3.50 m de ancho cada uno y acotamientos interno y externo de 2.50 m. Para proporcionar un drenaje adecuado, será necesario dar un bombeo del 2% hacia ambos acotamientos de la sección considerada.

La estructura del pavimento a considerar la conformaran; una capa de base hidráulica, una capa de base asfáltica y una carpeta de concreto asfáltico.

##### II.2.4.4.1 Construcción de base hidráulica

Sobre la capa subrasante debidamente terminada se construirá una capa de base hidráulica de 0.25 m de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin. El material que conforme esta capa se deberá compactar al 100% de su PVSM de la prueba AASHTO modificada (cinco capas) citada en el Capítulo 6.01.03.009-m-04 correspondiente al método de prueba 6.01.01.002.k.05, del Libro 6.01.03 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas; Carreteras y Aeropistas; Pavimentos (I). Los materiales utilizados deberán ser del tipo indicado en la cláusula 073-D del libro 3, Parte 01, Título 03; además estos tendrán que cumplir con las Normas de Calidad especificadas en el inciso 009-C.06 del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su ejecución se deberán seguir todos los lineamientos indicados en la cláusula 074-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

#### II.2.4.4.2 Aplicación de riego de impregnación

Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, superficialmente seca y barrida, se aplicara en todo el ancho de la sección, así como en dichos taludes que formen el pavimento, un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica a razón de 1.0 l/m<sup>2</sup>.

El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-d de libro 3, Parte 01, Titulo 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-b.04.f del Libro 4, Parte 01, Titulo 03, y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Titulo 03.

#### II.2.4.4.3 Aplicación de riego de liga

Sobre la superficie de la capa de base estabilizada con asfalto debidamente terminada, se aplicara en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica, a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup>. El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Titulo 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del Libro 4, Parte 01, Titulo 03 y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Titulo 03.

**Emulsiones.** Se deberá indicar el tipo de emulsión asfáltica a emplear para efectos de control de calidad y recepción de la obra; se requiere además, obtener la dosificación adecuada en cada caso conforme a las pruebas de laboratorio necesarias según el trabajo a realizar.

#### II.2.4.4.4 Construcción de la carpeta de concreto asfáltico

Sobre la capa de base hidráulica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 0.10 m de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin y cemento asfáltico AC-20 con una dosificación aproximada de 125 lt/m<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente y el tendido se efectuara compactándola al 95% de su peso volumétrico determinado en la Prueba Marshall.

Los materiales pétreos y el cemento asfáltico que conformen la carpeta deberán cumplir con las Normas especificadas en los incisos 010-C.01 y 011-B.04.b respectivamente del Libro 4, Parte 01, Titulo 03.

La mezcla se proyectara por el procedimiento Marshall para que cumpla con los requisitos de diseño que indican en la columna de intensidad del tránsito de más de 2000 vehículos pesados diarios del cuadro del inciso 011-D.03 del Libro4, Parte 01, Titulo 03. La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en la cláusula 081-F del Libro 3, Parte 01, Titulo 03.

Dado que se utilizará cemento asfáltico AC-20, la mezcla deberá realizarse a una temperatura de entre 140°C y 165°C, La mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora, deberá tener una

temperatura no menor a 135°C. La temperatura se medirá en el camino antes de descargar en la pavimentadora. La compactación se efectuará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menos de 130°C.

#### II.2.4.4.5 Aplicación del Riego de Sello 3-E

En todo el ancho de la corona se aplicara un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-E procedente del banco indicado para este fin, a razón de 13 lt/m<sup>2</sup> y producto asfáltico a base de emulsión catiónica a razón de 1.4 lt/m<sup>2</sup> aproximadamente, el producto asfáltico deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 082-d del Libro 3, Parte 01, Título 03.

El producto asfáltico y el material pétreo deberán cumplir con las Normas de Calidad estipuladas en los incisos 011-8.04.f y 010-C.02 respectivamente, del libro 4, Parte 01, Título 03. Su ejecución se efectuar de acuerdo a los lineamientos de la cláusula 082-f del libro 3, Parte 01, Título 03.

**Aditivos.** Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos, se deberá prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el Laboratorio de Control de la SCT, después que el agregado pétreo haya sido debidamente tratado. Los tipos de aditivos que se utilizaran en el cemento asfáltico AC-20 deberán incorporarse en una proporción aproximada de 1% en peso, que se ajustara de acuerdo con las pruebas realizadas por el Laboratorio de control de la SCT.

#### II.2.4.5 Señalamiento

Otros elementos no naturales a insertar en el proyecto una vez terminada la pavimentación serán el señalamiento vertical, horizontal y dispositivos. Estos elementos se implementan para mantener informado al conductor sobre las distancias, lugares, curvas y obligaciones con las que debe cumplir al transportarse por la carretera.

**Señales verticales.** Son el conjunto de tableros instalados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas o símbolos que tienen por objeto regular el uso de la vialidad, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la carretera. Según su finalidad, serán preventivas, restrictivas, informativas, turísticas y de servicios, o diversas; según su estructura de soporte pueden ser fijadas en uno o dos postes, o bien en estructuras existentes.

Tabla II.34 Tipo de señalética vertical que se colocara en la carretera

SEÑAL	DIMENSION	OBSERVACIONES
SII - 14	30 x 120	Kilometraje con ruta
SII - 15	30 x 76	Kilometraje sin ruta
SP-	86 x 86	Señal preventiva
SR-	86 x 86	Señal restrictiva
SIR -	86 x 300	Señal informativa de recomendación



SIR -	56 x 300	Señal informativa de recomendación
SR -	117 x 117	Señal restrictiva
T. ADIC	35 x 117	Máxima
SID - 13	152 x 488	Señal de bandera
OD-12	76 x 60	Indicador de curva peligrosa

**Marcas en el pavimento.** Son el conjunto de rayas, símbolos y letras, que se pintan o colocan sobre el pavimento, que tienen por objeto delinear las características geométricas de las vialidades con el regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información visual o auditivamente a los usuarios. Las marcas pueden aplicarse con pintura convencional o termoplástica, o bien pueden ser materiales plásticos preformados, adheridos a la superficie de pavimento utilizando adhesivos.

**Violetas.** Son dispositivos que tienen elementos retroreflejantes, dispuestos de tal forma que al incidir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de haz luminoso. Se colocan sobre la superficie de rodadura o sobre estructuras, con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

**Defensas.** Son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de una carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento de la carretera, altura de terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan de la carretera y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Normalmente son mecánicas.

**Indicadores de alineamiento.** Son señales bajas que se usan para delinear la orilla de una carretera o autopista, en cambios del alineamiento horizontal, para marcar estrechamientos de la corona y para señalar los extremos de muros de cabeza de alcantarillas.

Tabla II.35 Tipo de señalética horizontal y dispositivos que se colocaran en la carretera

RAYA/DISP.	COLOR	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
M-1.6	AMARILLO	10 cm	Raya separadora de carriles, uno por sentido, continua doble
DH-1.6.1	AMARILLO	10 X 10 cm	Violeta de dos caras reflejante a cada 15 m en curva y 30 m en tangente
M-3.2.	BLANCO	10 cm	Raya en la orilla derecha de calzada discontinua formada por segmentos de 2 m. con separación de 2 m.
DH-1.12.	BLANCO	10 X 10 cm	Violeta de dos caras reflejante a cada 32 m
OD-4		31.1 x 381	Defensa metálica de dos crestas



RAYA/DISP.	COLOR	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
OD-6		100 x 13 cm	Indicadores de alineamiento a cada 40m en tangente. Orilla derecha.

#### II.2.4.6 Infraestructura hidráulica (obras de drenaje mayor) y obras especiales

El diseño y planeación del eje troncal del tramo 2, requiere para su continuidad a través de la topografía accidentada (sierra alta compleja, sierra baja compleja y sierra de cumbres tendidas), de la construcción de 54 puentes (obras de drenaje mayor) y 11 viaductos (obras especiales), que permitan librar el cruce con los escurrimientos y barrancas.

Los 54 puentes suman una longitud de 5.06 km y los viaductos una longitud de 1.43 km, que en conjunto corresponden al 6.9% de los 94.58 km que tiene el eje troncal en el tramo 2.

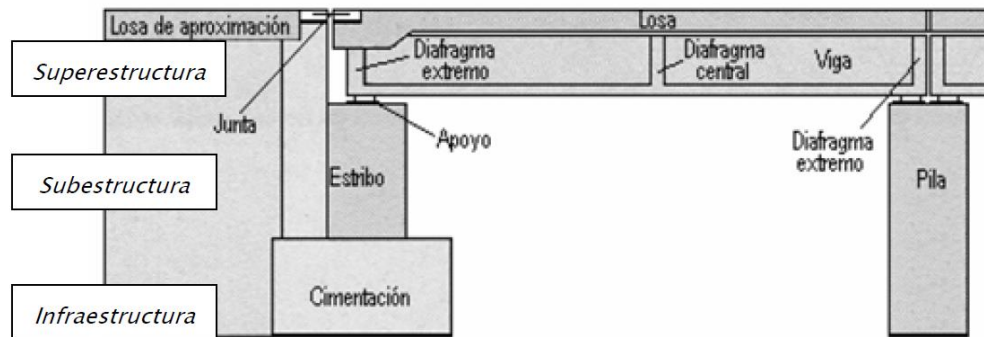
La definición de las estructuras es tomada en mayor medida en aminorar en el impacto a los escurrimientos naturales en donde se presenta un mayor gasto de agua.

Al construir una estructura se contempla menos áreas adicionales y se ven afectados en menor proporción en comparación de la construcción de un terraplén, ya que la construcción de una estructura no requiere de un gran número de equipo mayor que ocasiona un mayor gasto en el combustible e insumos y que afectan al medio ambiente. Las estructuras benefician a las comunidades presentes en el sitio, al ser ocupadas como pasos de fauna, ganaderos y peatonales.

Los criterios que se toman en cuenta para las estructuras en cuestiones de ingeniería son las más convenientes acopladas al proyecto ejecutivo. En cuestiones ambientales se considera la minimización de los impactos, la protección y el cuidado al medio ambiente, por ejemplo: Al construir una estructura se contemplan menos áreas adicionales afectándose menos vegetación. En un puente la extracción y retiro de material pétreo se reduce debido a que solo se colocan estructuras y no se construyen terraplenes, ni se hace el corte de material evitando así menos acarrees y el depósito de material en sitios de tiro, además de que se utiliza menos maquinaria reflejándose en menos emisiones de contaminantes a la atmosfera, menos consumo de combustibles, etc., también se protege los cuerpos de agua como son los cauces, arroyos y ríos colocándose obras de drenaje para la canalización de dichos cuerpos. Cabe mencionar que las estructuras también servirán como pasos de fauna.

### II.2.4.6.1 Puentes y viaductos

Los puentes y viaductos están compuestos por múltiples partes que se dividen en 3 fases fundamentales:



- **Superestructura**, comprende todos los elementos estructurales que se encuentran por encima de los elementos de soporte de la subestructura. Cada tramo de la superestructura está formado por un tablero o losa, una a varias armaduras de apoyo y por las riostras laterales (diafragmas). El tablero soporta directamente las cargas dinámicas y por medio de la armadura transmite las tensiones a pilas y estribos. Está conformada por: los arriostramientos laterales (diafragmas) y la superficie de rodamiento.
- **Subestructura**, está formada por todos los elementos estructurales diseñados para soportar el peso de la superestructura. Su función es la de transmitir eficientemente las cargas de la superestructura a la infraestructura. Comprende las pilas, columnas, estribos (caballetes) o cabezales.
- **Infraestructura**, está formada por la cimentación, que es la parte inferior que soporta todo el peso de la estructura y que transmite los esfuerzos al terreno natural. Las cimentaciones pueden dividirse en 2 tipos: 1) Cimentaciones superficiales o poco profundas, 2) Cimentaciones profundas.

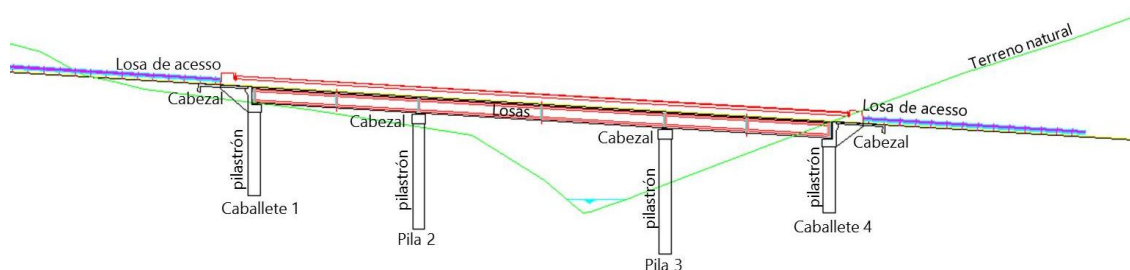


Imagen a)

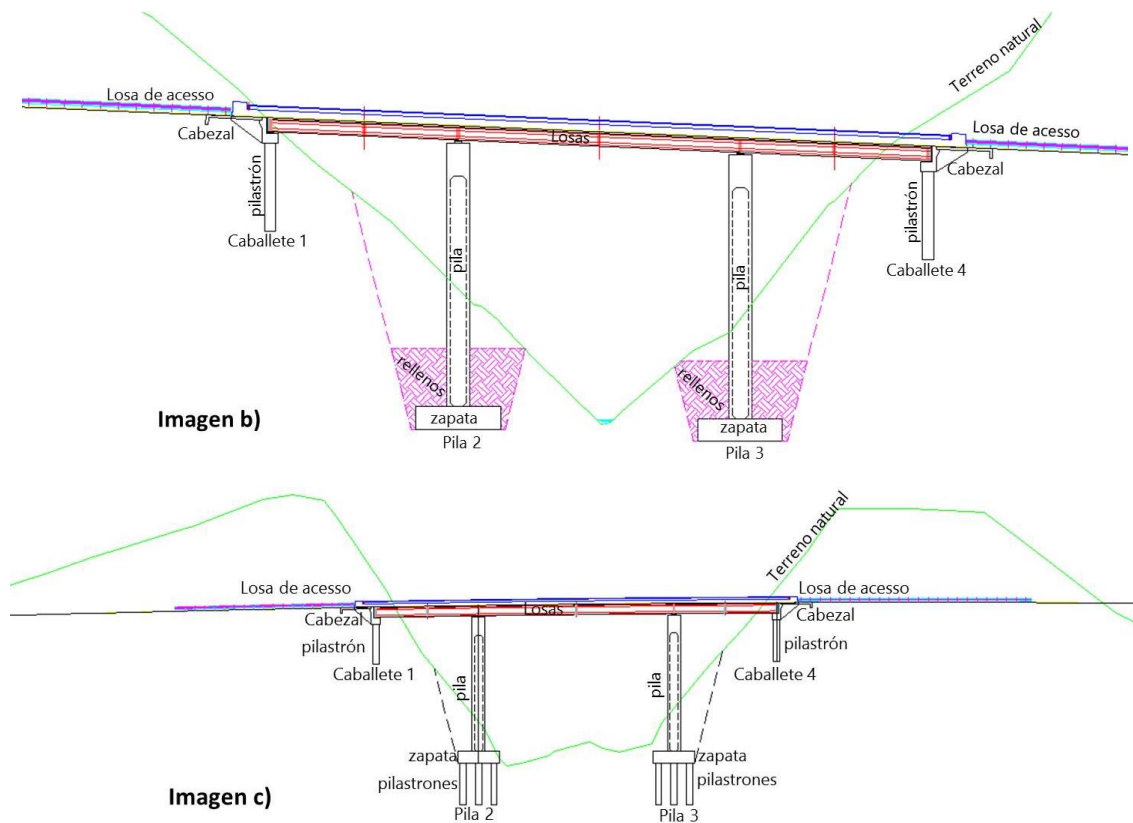


Imagen II.68 En la imagen a) se observa el perfil de uno de los puentes del proyecto que su cimentación será profunda a base de pilas. En la imagen b) se presenta el perfil de una cimentación profunda a base de zapatas y pilas. La imagen c) también es una cimentación mixta conformada de zapatas (cimentación poco profunda) y pilastrones (pilotes) y pilas en los estribos (cimentación profunda).

Para el caso de los puentes y viaductos que se tienen proyectados para el tramo 2 de la carretera Mitla - Tehuantepec, se realizarán cimentaciones mixtas, utilizando ambos tipos. Las cimentaciones superficiales serán a base de zapatas corridas, donde la longitud supera el ancho y son capaces de soportar varias columnas o un muro, se construirán de concreto reforzados. Este tipo de cimentación se realizará cuando el suelo tenga una resistencia muy baja, lo que obliga a la estructura a tener mayor área de repartición de los esfuerzos, transmitiendo menos al suelo. En cuanto a las cimentaciones profundas, se realizarán cuando las condiciones de suelo no son las adecuadas para una cimentación superficial, lo que hace necesario buscar suelos más adecuados a mayor profundidad de manera que se disponga de la resistencia suficiente para poder soportar el peso de la estructura. Existen varios tipos de cimentación profunda, generalmente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o de su lado, según sea su sección rectangular o circular (pilote, pila, cilindro, cajones).

De las partes que componen cada uno de los puentes y viaductos del proyecto, la construcción de las partes de la infraestructura son las que requieren del desmonte de las áreas de cimentación, que sumado a la construcción de las zapatas, pilas (pilastrones), son las actividades que ocasionan efectos ambientales a los cauces de agua y vegetación riparia y sus consecuentes impactos.

En el siguiente apartado se describe el procedimiento constructivo general de las pilas, que son los elementos de los puentes y viaductos que se construirán “in situ”. Los elementos de la superestructura serán prefabricados y únicamente se deberá considerar los impactos ocasionados por la colocación de dichas estructuras con maquinaria pesada.

#### **II.2.4.6.2 Procedimiento constructivo de las pilas**

El procedimiento para la construcción de pilas (pilastrones colados en sitio) es el siguiente:

El diámetro y la profundidad están definidos por el proyecto ejecutivo (ver planos generales de cada puente y viaducto en el CD de respaldo Capítulo VIII, Apartado VIII.2, Anexos digitales del capítulo II, II.B y II.C). El personal de topografía de la obra, localiza y posiciona el punto exacto en donde se construirá la pila, posteriormente y antes de iniciar la perforación, se ubican estacas por fuera del perímetro de la pila, con el fin de tener referencias y cuidar siempre el centro de la perforación. Para realizar la misma, se utiliza una perforadora rotatoria marca BAUER, SOILMEC, o similar, la herramienta principal es una broca o bote de perforación con el diámetro requerido, que al girar en sentido directo, actúa sobre el material empacándolo dentro de él, esto se realiza hasta la profundidad que indica el proyecto ejecutivo.

En el caso de que no aparezca agua de nivel freático durante la perforación del pilote y el terreno presente buena estabilidad, no será necesario utilizar lodo bentonítico para estabilizar las paredes de perforación, por lo cual, se deberá hacer toda la perforación y el colado del pilastrón en seco. En caso de que aparezca agua del nivel freático durante la perforación, se deberá ubicar la profundidad en que fluye dentro de la perforación y si la profundidad es menor de 5 m, el barrenado se mantiene lleno de lodo bentonítico, salvo el último metro, para evitar que se escurra sobre la superficie. Si la profundidad en la que aparece el agua del nivel freático es mayor de 5 m, el lodo bentonítico se debe mantener mínimo 4 m por arriba de ese nivel.

En caso de que se presenten problemas de caídos en los primeros metros de la perforación, se coloca una boquilla (ademe) metálica para estabilizar las paredes. La forma de medir la profundidad de perforación es utilizando marcas en el cable de la grúa que sostiene al barretón, tomando como base las medidas de la longitud de la broca o bote de perforación y las extensiones que apoyan a la misma cuya longitud es conocida, o por medio de una sonda que tiene calibrado su cable a cada 5 metros.

Finalmente antes de colocar el acero de refuerzo, se verifica que el fondo de la perforación esté libre de azolve, limpiando el fondo con el bote de perforación y se verifica con una sonda la profundidad total del pilote y cota de desplante, la verticalidad del equipo de perforación, se controla cada 3 m de

perforación utilizando dos plomadas de hilo situadas perpendicularmente a 90° de la posición del eje del barreno y apoyadas en dos bases de varilla, distanciadas adecuadamente de la máquina. El personal que participa en la ejecución de estas actividades, deberá hacer uso del equipo de protección personal conforme lo solicita el plan de seguridad.

El tiempo que transcurra desde el término de la perforación, hasta el colado de la pila no debe ser mayor a 36 horas en ninguna circunstancia, en caso contrario, debe verificarse la limpieza de la pila antes de colocar el acero de refuerzo para iniciar el colado. No se deberá perforar una pila que se encuentre a menos de 5 m de algún otro que este en proceso de perforación o de colado. La perforación se realiza hasta alcanzar el nivel de proyecto.

Una vez terminada la perforación de cada pila, se coloca dentro de esta el acero de refuerzo previamente habilitado, con una grúa LS 108 o similar o con la misma máquina perforadora, la cual, también se utiliza en el colado de las pilas. Esta actividad se realizara de manera cuidadosa, si el armado no penetra fácilmente dentro de la perforación se retirara y la perforación será ajustada mediante una limpieza hasta que el armado se deslice suavemente. Se limpiara, reparara o reemplazara cualquier armado que haya sido dañado.

El encargado del frente de construcción de pilas, periódicamente debe revisar el equipo y herramienta que se utilizara, para que se encuentre en buen estado de uso, tales como: grúas, estrobos, cables de acero y manila, grilletes, etc. Se localiza el centro de gravedad del armado y se estroba adecuadamente, con el fin de guardar el equilibrio. Antes de realizar la maniobra, el encargado de la misma revisará el área donde se llevara a cabo, para evitar daños al personal, equipos de trabajo, vehículos, maquinaria o instalaciones. Solamente una persona se encargara de hacer las señales al operador de la grúa. No se permitirá la maniobra si existen personas, vehículos, equipos y maquinaria que puedan quedar debajo del armado. En la cara exterior del acero de refuerzo, se colocaran separadores de concreto o acero (pollos), para garantizar el recubrimiento de concreto mínimo especificado.

Se aseguran todos los traslapes y otros elementos incluidos en el armado, dentro de sus ubicaciones mostradas en los planos constructivos, con el fin de no dañarlos o desplazarlos durante las instalación del armado o durante el colado.

Teniendo colocado el acero de refuerzo dentro de la pila, se procede a colocar la línea de tubería Tremie debidamente limpia, o en su caso si la altura de la pila lo permite se puede realizar con tubería flexible (trompa de elefante) integrada al equipo de bombeo. Se colocara el concreto tan pronto como sea posible, siendo esto no mayor a 36 horas después de concluida la perforación, previamente se elabora la solicitud de orden de colado, en la cual, se asentarán todas las características de la pila de construcción, para verificar que el acero no se mueva de manera ascendente durante el proceso de colado, se realizarán cortes de tubería Tremie en los momentos oportunos o en su caso se ira desplazando en forma ascendente la tubería flexible, la línea de la tubería estará centrada en el área

transversal de la pila, esta se deja a 30 cm del fondo de la perforación para poder iniciar con el colado, se coloca en la tubería de colado un balón de látex del diámetro de la tubería para evitar la contaminación del concreto cuando se vacía la primera olla de concreto dentro del cono receptor de la tubería, se debe tener mucho cuidado en mantener ahogada la tubería un mínimo de 1.50 m dentro del concreto para evitar segregación y contaminación.

Se procede de manera continua con el colado para producir una pila de concreto monolítico manteniendo un nivel horizontal del concreto a lo largo del colado, para que después que se haga el descabece del concreto contaminado, se produzca una conexión adecuada entre la pila y la zapata o la continuidad de la columna correspondiente.

Una vez que el concreto se tiene al nivel requerido, se procede de inmediato a extraer y lavar el total de la tubería utilizada. El agua que se utilizó para estabilizar las paredes de la perforación, conforme esta se desplaza al colocar el concreto dentro de la perforación, se bombea hacia tanques de almacenamiento para posteriormente reutilizarla.

En los casos en que no sea posible colocar la pila en toda su altura, se efectuara un segundo colado (zona exterior sobre la superficie del terreno natural) utilizando cimbra metálica después del descabece y limpieza del pilastrón.



### II.2.4.6.3 Listado de puentes y viaductos

Las obras especiales y de drenaje mayor proyectadas para el eje troncal del tramo 2, se componen de 54 puentes y 11 viaductos, los cuales se construirán sobre las cañadas que se forman por la topografía del lugar, en donde en algunas de ellas, también se transportan los escurrimientos de la región.

La superficie de afectación por la construcción de cada puente y viaducto, es variable, y su delimitación aún no está establecida, este dato dependerá de las condiciones de cada sitio específico de cimentación, del procedimiento constructivo de la infraestructura y subestructura; y de la forma de acceso de la maquinaria a los sitios de cimentación. Por lo tanto, se presenta como superficie de afectación para la construcción de puentes y viaductos, aquella superficie que se forma del ancho de la subestructura por la longitud del puente o viaducto, más lo requerido por línea de ceros en los estribos de cada estructura.

Derivado de lo anterior, en la siguiente tabla, únicamente se muestran 2 tipos de superficies, una que corresponde a la superestructura de cada puente y viaducto (SUP. SE), que es equivalente a la superficie de rodamiento, y otra que se calculó en base a las dimensiones de cada cimentación (SUP. IN), la cual, hace referencia a la superficie de obras permanentes de este tipo de estructuras.

El resto de la superficie que resulte afectada y que no sea ocupada por obras permanentes, deberá ser rehabilitada, con el objetivo de recuperar las condiciones ambientales previas a la construcción (ver Capítulo VI, Apartado VI.2.7, Medida M38).

De la hidrología reportada por el SIATL (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas) y que cruza con el trazo del tramo 2, se reportan 91 escurrimientos intermitentes y 3 perennes, de los cuales, en 38 escurrimientos se construirán puentes y algunos viaductos, tal como se indica en la siguiente tabla. En los sitios de construcción del resto de las estructuras existen pequeños escurrimientos de agua en época de lluvias, que no los reporta la red hidrográfica del SIATL, debido a la escala de trabajo a la que se realizó la información vectorial del INEGI.

En el resto de los escurrimientos se construirán obras de drenaje menor, como alcantarillas a base de tubos de acero, bóvedas, cajones y losas de concreto.

También se presentan en las últimas 2 columnas el dato del Nivel Anual Máximo de Elevación (NAME), con el fin de considerarlo en la delimitación de la superficie de zona federal que se afectara por la construcción de cada puente y viaducto. Para ello, se consideró lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales donde se define que: Ribera o Zona Federal son 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.

Derivado de lo anterior y que la promovente únicamente cuenta con el dato de NAME para el diseño de cada una de las estructuras, por lo tanto, es el que se consideró para el cálculo de la superficie a afectar en zona federal (SUP. ZF), este dato total es de 0.418 ha y corresponde a 35 puentes y 3 viaductos que durante su construcción se espera que afecten zona federal por la cimentación de apoyos. Para los otros 19 puentes y 8 viaductos no se espera que afecten ZF debido a que su cimentación está alejada de las franjas que se consideran zona federal.

Tabla II.36 Listado de puentes

NOMBRE	ESCURRIMIENTO	UBICACIÓN	KM INICIO	KM FINAL	COORDENADAS UTM		LONG.	SUP. SE	NO. C	SUP. IN	NAME	SUP. ZF
					X	Y						
Puente 1	Intermitente 1o	97+622	97+551.60	97+640.40	175103.52002	1870824.51935	88.8	1243.2	4	342	1998.88	150
Puente 2		97+850	97+815	97+885	175350.72108	1870893.20043	70	980	4	342	1991.04	150
Puente 3		99+082	99+024.65	99+175.35	175845.83709	1870089.69131	150.7	2109.8	5	373	1903.2	144
Puente 4		101+836	101+765	101+865	177490.96799	1869142.94196	100	1400	5	145	1813.39	31
Puente 5	Intermitente 1o	102+210	102+175	102+275	177105.70146	1869064.03038	100	1400	5	145	1781	0
Puente 6	Intermitente 2o	103+246	103+200.60	103+289.40	176386.83226	1868385.85156	88.8	1243.2	4	124	1721.64	70
Puente 7	Intermitente 1o	103+925	103+875.60	103+964.40	176623.73256	1867760.76007	88.8	1243.2	4	124	1690.85	35
Puente 8	Intermitente 1o	105+574	105+533.50	105+603.50	177836.81558	1867285.38612	70	980	4	110	1609.63	30
Puente 10	Intermitente 1o	108+635.65	108+616.00	108+655.36	180433.74471	1866015.82857	39.36	551.04	2	52	1460.87	0
Puente 9	Intermitente 1o	108+689	108+676.78	108+716.14	180494.52299	1866004.16298	39.36	551.04	2	52	1458.77	0
Puente 11	Intermitente 1o	109+709	109+624.53	109+798.53	181102.74678	1865271.93000	174	2436	6	193	1364.96	0

NOMBRE	ESCURRIMIENTO	UBICACIÓN	KM INICIO	KM FINAL	COORDENADAS UTM		LONG.	SUP. SE	NO. C	SUP. IN	NAME	SUP. ZF
					X	Y						
Puente 12	Intermitente 1o	110+239	110+195.62	110+284.40	181165.96834	1864759.40936	88.78	1242.92	4	126	1403.81	70
Puente 13		111+000	110+949	111+123	181664.34620	1864270.42958	174	2436	6	532	1479.56	150
Puente 14	Intermitente 1o	111+546	111+450.61	111+599.40	182073.06395	1864294.80837	148.79	2083.06	6	791	1352.79	31
Puente 15	Intermitente 1o	111+945	111+880	112+020	182468.79368	1864528.70433	140	1960	5	488	1313.03	144
Puente 16		119+820	119+736	119+900	187847.91391	1860226.84098	164	2296	6	429	929.17	150
Puente 17		120+100	120+058	120+138	187927.19749	1859980.93937	80	1120	4	380	924.03	150
Puente 18	Intermitente 1o	120+650	120+595	120+735	188422.58759	1859748.52995	140	1960	5	354	875.42	144
Puente 19		120+858	120+815.57	120+904.42	188571.83856	1859634.68626	88.85	1243.9	4	142	867.86	80
Puente 20	Intermitente 1o	124+306	124+220	124+394	190650.58475	1858786.22743	174	2436	6	664	643.19	0
Puente 54 (Acatlancito)	Río Acatlancito Perenne 4o	125+660	125+550	125+784	191924.48841	1859030.86755	234	3276	6	403	519.61	70
Puente 21		126+320	126+195.40	126+384	192483.58629	1859069.88692	188.6	2640.4	6	528	526.41	300
Puente 22		526+640	526+552	526+726	194115.46310	1858823.75699	174	2436	6	1248	504.64	150
Puente 23	Intermitente 1o	130+865	130+850.50	130+879.50	197266.22928	1857117.30552	29	406	2	50	477.35	0
Puente 24	Intermitente 1o	131+320	131+286	131+328	197391.81418	1856719.00909	42	588	2	50	470.03	0
Puente 25		132+120	132+092	132+142	197848.72047	1856151.77725	50	700	2	52	450.72	0
Puente 26		132+440	132+419	132+459	198165.05597	1856199.56089	40	560	2	50	473.3	0
Puente 27		132+840	132+810	132+880	198554.71816	1856151.79772	70	980	4	181	455.91	108
Puente 28	Intermitente 1o	133+300	133+274	133+334	198998.58635	1856065.42690	60	840	3	75	446.17	31

NOMBRE	ESCURRIMIENTO	UBICACIÓN	KM INICIO	KM FINAL	COORDENADAS UTM		LONG.	SUP. SE	NO. C	SUP. IN	NAME	SUP. ZF
					X	Y						
Puente 29	Intermitente 2o	134+080	134+036	134+114	199754.22896	1856112.08379	78	1092	4	218	444.35	88
Puente 30	Intermitente 2o	134+760	134+722.70	134+797.30	200410.93633	1856012.39419	74.6	1044.4	3	73	436.73	31
Puente 31	Intermitente 1o	135+330	135+331.40	135+361.40	200918.25174	1855719.93948	30	420	2	44	438.05	0
Puente 32		135+420	135+402.20	135+441.50	200969.02674	1855671.09681	39.3	550.2	2	54	440.7	0
Puente 33	Intermitente 1o	136+420	136+393.60	136+452.40	201713.85700	1855070.44057	58.8	823.2	3	217	425.44	150
Puente 34	Río Aguas Calientes Perenne 5o	138+170	138+091.60	138+248.40	202823.78320	1854096.92506	156.8	2195.2	6	420	398.16	300
Puente 35		138+970	138+940	139+000	203615.38297	1854143.37933	60	840	3	194	422.18	150
Puente 36		139+460	139+440	139+469	204026.36147	1854005.94144	29	406	2	45	446.54	0
Puente 37	Intermitente 2o	140+980	140+955	141+005	204698.81588	1852777.73122	50	700	2	52	380.66	0
Puente 38		141+630	141+617	141+647	205230.42178	1852424.68915	30	420	2	40	421.98	0
Puente 39	Intermitente 1o	142+380	142+330	142+449.33	205871.02226	1852266.10597	119.33	1670.62	3	502	381.45	150
Puente 40	Intermitente 1o	142+840	142+804	142+884	206279.21695	1852010.81527	80	1120	3	91	384.15	35
Puente 41	Intermitente 2o	143+200	143+145	143+225	206407.80183	1851728.05618	80	1120	3	90	360.15	35
Puente 42		143+830	143+770.40	143+883	206920.85879	1851357.45796	112.6	1576.4	4	116	414.35	35
Puente 44	Intermitente 1o	545+340	545+224.70	545+449.30	208158.18314	1850799.75278	224.6	3144.4	6	194	379.76	70
Puente 45	Intermitente 2o	545+820	545+764	545+878	208612.09866	1850643.97558	114	1596	4	359	354.67	0
Puente 43		546+280	146+240	146+328.8	209014.50675	1850395.14403	88.8	1243.2	4	259	368.71	216

NOMBRE	ESCURRIMIENTO	UBICACIÓN	KM INICIO	KM FINAL	COORDENADAS UTM		LONG.	SUP. SE	NO. C	SUP. IN	NAME	SUP. ZF
					X	Y						
Puente 46	Intermitente 1o	147+800	147+781	147+811	210450.38471	1850130.32986	30	420	2	38	332.84	38
Puente 47	Arroyo Lachixila Perenne 4o	149+040	149+000	149+050	211435.73255	1849500.93468	50	700	2	37	290.94	0
Puente 48	Arroyo El Ciruelo Intermitente 4o	152+060	152+006	152+096	214113.90861	1848346.06258	90	1260	3	200	284.69	150
Puente 49		152+840	152+780	152+880	214876.38598	1848179.58388	100	1400	3	186	265.21	144
Puente 50		154+300	154+277	154+327	215989.29115	1847452.19768	50	700	2	52	273.22	0
Puente 51	Intermitente 1o	158+650	158+630	158+710	219832.89241	1847163.56507	80	1120	3	83	256.6	0
Puente 52		158+820	158+805	158+844.30	219933.17745	1847065.27775	39.3	550.2	2	52	276.79	0
Puente 53 (Pte Aguas Calientes)	Arroyo Aguas Calientes Intermitente 4o	161+200	161+147	161+251	221057.93100	1845102.48275	104	1456	5	162	214.18	70
<b>TOTALES</b>							<b>5064.97 m</b>	<b>70909.58 m<sup>2</sup></b>	<b>202</b>	<b>12323 m<sup>2</sup></b>		<b>3850 m<sup>2</sup></b>
							<b>5.06 km</b>	<b>7.09 ha</b>		<b>1.23 ha</b>		<b>0.385 ha</b>

Tabla II.37 Listado de viaductos

NOMBRE	ESCURRIMIENTO	UBICACIÓN	KM INICIO	KM FINAL	COORDENADAS UTM		LONG.	SUP. SE	NO. C	SUP. IN	NAME	SUP. ZF
					X	Y						
Viaducto 1	Río El Zacatal Intermitente 4o	77+807	77+700.00	77+873.91	163734.46685	1878379.28123	173.91	2434.74	6	373	1640.65	130
Viaducto 2 "El Ocotál"	Arroyo Obispo Intermitente 3o	80+850	80+769.00	80+926.96	166367.24601	1878499.89533	157.96	2211.44	6	374	1736.61	130
Viaducto 3 "Loma Larga"	Arroyo Metatal Intermitente 2o	87+377	87+274.75	87+425.34	172210.29753	1876744.62280	150.59	2108.26	4	181	1912.02	70
Viaducto 4 "Tepuxtepec I"	Intermitente 2o	87+763	87+532.32	87+787.28	172329.38770	1876529.78899	254.96	3569.44	7	359	1892.83	0
Viaducto 5 "Tepuxtepec II"		88+138	88+082.61	88+233.39	171998.57313	1876130.66593	150.78	2110.92	5	383	1928.79	0

NOMBRE	ESCURRIMIENTO	UBICACIÓN	KM INICIO	KM FINAL	COORDENADAS UTM		LONG.	SUP. SE	NO. C	SUP. IN	NAME	SUP. ZF
					X	Y						
Viaducto 6 "Tepuxtepec III"		88+546	88+486.70	88+599.30	172028.49001	1875750.28708	112.6	1576.4	4	349	1959.74	0
Viaducto 7 "Tepuxtepec IV"		88+834	88+778.68	88+891.31	172066.82861	1875458.80855	112.63	1576.82	4	112	1978.03	0
Viaducto 8		115+177	115+121	115+205	184633.39685	1863272.86821	84	1176	5	165	1192.92	0
Viaducto 9		117+800	117+740	117+860	186425.96990	1861588.30358	120	1680	5	144	0	0
Viaducto 11	Intermitente 1o	133+650	133+598	133+668	199301.50001	1856125.28198	70	980	4	109	440.02	0
Viaducto 10		141+860	141+805.5	141+844.8	205369.64931	1852302.15614	39.3	550.2	2	48	430.13	0
<b>TOTALES</b>							<b>1426.73 m</b>	<b>199974.22 m<sup>2</sup></b>	<b>52</b>	<b>2597 m<sup>2</sup></b>		<b>330 m<sup>2</sup></b>
							<b>1.43 km</b>	<b>2.00 ha</b>		<b>0.26 ha</b>		<b>0.03 ha</b>



## II.2.4.7 Túneles

### II.2.4.7.1 Resumen del estudio geológico y geofísico

En las áreas de los túneles se presentan rocas que están muy relajadas superficialmente y fracturadas, pero a la profundidad de los túneles se presentan condiciones de mejor calidad, resistencia y confinamiento. Los macizos rocosos presentan tres sistemas de fracturamiento, todos de origen tectónico.

Los sistemas de fracturamiento, propician la formación de bloques y cuñas. Es recomendable que los taludes frontales y laterales de los portales, sean diseñados con el objeto de reducir la posibilidad de que se desprendan bloques de roca. Es necesario implementar un sistema de anclaje para asegurar la estabilidad del corte y de subdrenaje para ayudar a evitar que se produzca presión hidrostática sobre estos bloques.

De los estudios de geotecnia se determinó que en los sitios de los túneles la topografía es regular y el drenaje fluvial está controlado por los sistemas de fracturamiento que afectan los macizos rocosos. No se encontró ningún depósito que pudiera sugerir que las laderas donde se localizarán las entradas y salidas de los túneles puedan presentar problemas de estabilidad. Los sitios donde se construirán los túneles presentan una clasificación de calidad de roca media con un fracturamiento pronunciado, principalmente por discontinuidades. Debido a la poca cobertura de roca que tendrán los túneles no se cortará la superficie del nivel freático durante la excavación. No se observaron manantiales cercanos a los sitios de los túneles, por lo que se considera que no habrá flujo de agua hacia estos, excepto la que llegue a infiltrarse desde la superficie del terreno durante la época de lluvias.

### II.2.4.7.2 Procedimiento constructivo de los túneles

El procedimiento constructivo indicado podrá ser modificado por la empresa contratista, manteniendo la seguridad de la obra y con previa autorización de la SCT.

#### **Excavación y tratamiento de los portales (entrada y salida)**

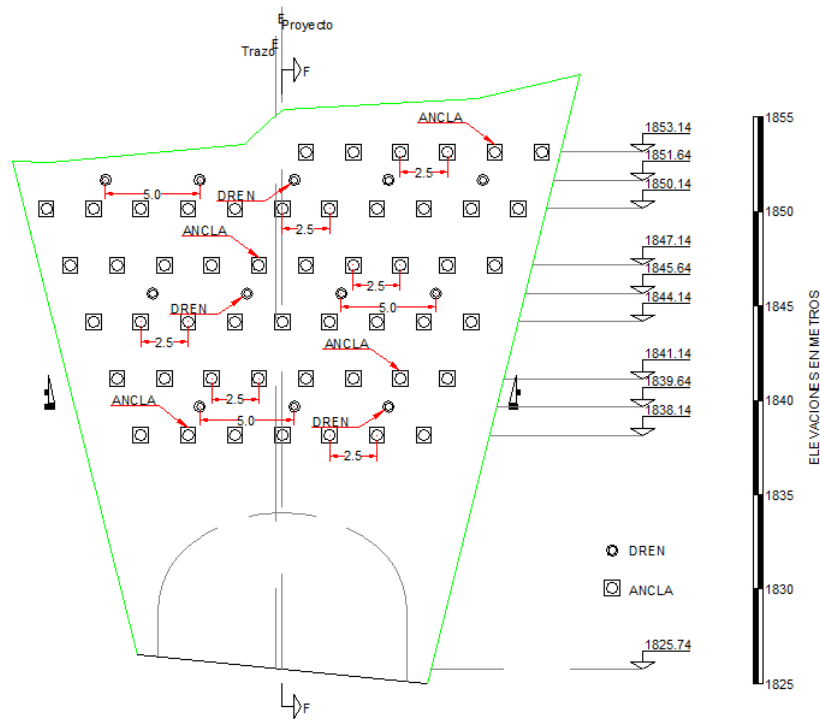
La contratista definirá si la excavación la realizara exclusivamente con medios mecánicos o combinados con el uso de explosivos de acuerdo con la dureza del terreno. Se recomienda que la excavación se lleve a cabo mediante banqueo con una altura no mayor a 6 m entre bancos.

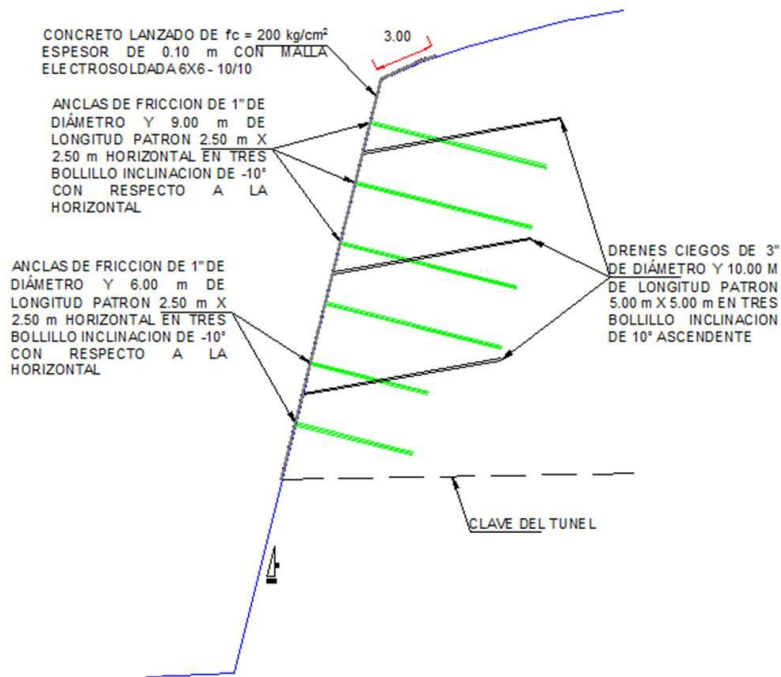
**Anclas.** Varilla corrugada de una sola pieza o con un empalme como máximo (con soldaduras o dispositivo mecánico), grado 42 (L.E.=4200 kg/cm<sup>2</sup>) inyectadas con mortero de  $f'c = 180\text{kg/cm}^2$  con aditivo estabilizador de volumen. Todas las anclas llevaran placa de acero de 0.20 m x 0.20 m x 3/8" con tuerca de sujeción, el barrenos se lavara con agua a presión antes de colocar el ancla; si hubiese una obstrucción, el barrenos se deberá reperformar a la longitud especificada. La varilla deberá estar libre de óxido, grasa, polvo o cualquier material que pudiera reducir la adherencia con el mortero.

**Concreto lanzado.** Resistencia del concreto  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , tamaño máximo del agregado de 3/8" (9.5 mm), con acelerante de fraguado exento de cloruro de calcio. El concreto se deberá curar con agua durante 7 días o con membrana de curado tipo emulsión. Se efectuaran a través del concreto lanzado perforaciones de 2" de diámetro y 0.50 m de longitud en un patrón de 2.50 m x 2.50 m, únicamente en las zonas que no incluyan drenes largos.

**Malla electrosoldada.** Malla de acero de límite de fluencia  $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ , tipo 6 x 6 – 10/10. Se sujetara al talud mediante anclas de varilla de 1/2" de diámetro y 0.50 m de longitud en un patrón de 2.50 m x 2.50 m. Las anclas tendrán un doblé de 90° o varilla soldada (tipo cruceta) para sujetar la malla. El traslape entre tamos de malla será de 0.30 m.

**Drenes.** Tubo de PVC sanitario de 2 1/2" de diámetro y 0.50 m de longitud, este deberá sobresalir de la superficie del concreto lanzado un mínimo de 0.10 m. Los tubos se instalaran en barrenos de 3" de diámetro, los cuales se perforaran después de la colocación del concreto lanzado y se lavaran con agua a presión hasta que esta retorne limpia.

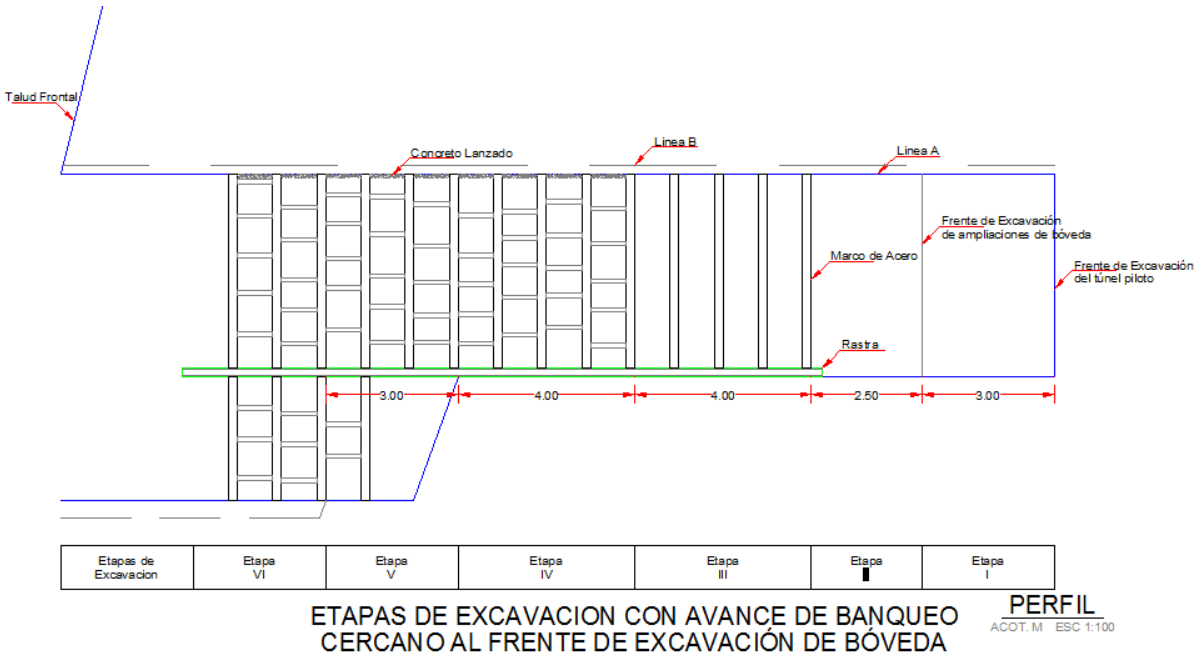




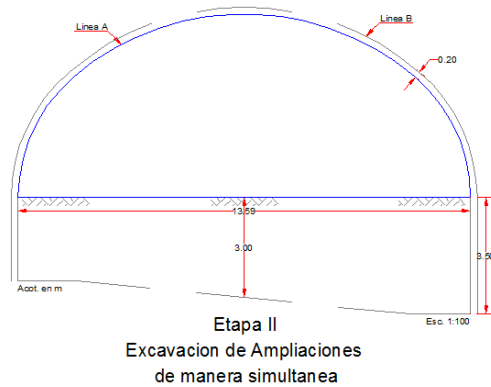
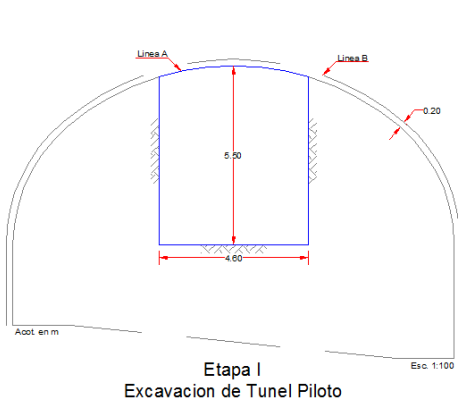
### Procedimiento constructivo de los portales

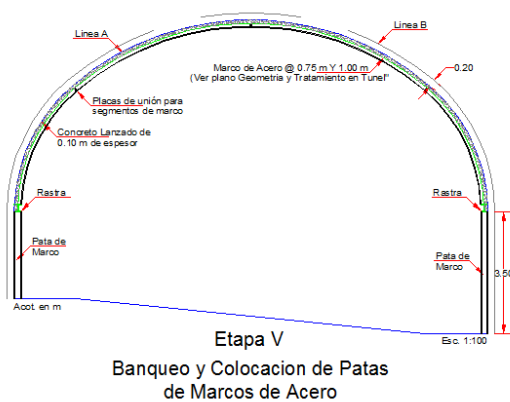
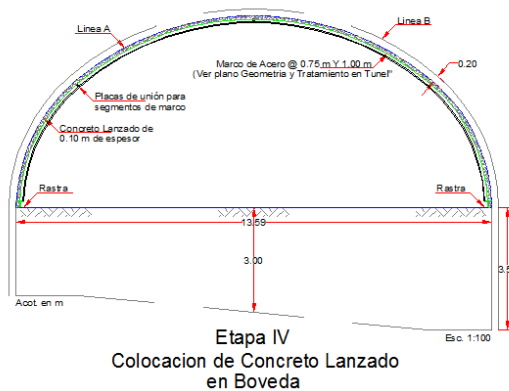
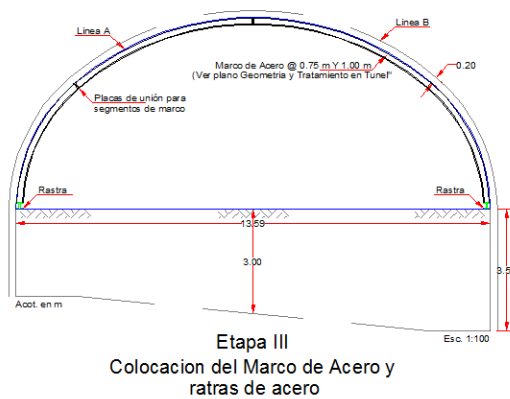
**Trabajos preliminares.** Los trabajos descritos en “excavación y tratamiento del portal de portal de entrada y salida” deberán estar concluidos hasta el nivel de subrasante o en su defecto al nivel de banqueo del túnel antes de que se inicie la excavación del túnel.

**Excavación en zonas de portales.** Se excavarán en 6 etapas, iniciando con un túnel piloto central con un frente aproximado de  $23 \text{ m}^2$  con un arreglo de barretenos (de ser necesario) de carga, posteriormente se excavarán las ampliaciones izquierda y derecha de la bóveda en forma simultánea y previo a la excavación del túnel piloto o de las ampliaciones, se deberá colocar el soporte indicado en el túnel de excavación. Se colocará a cada 4 m de avance, el soporte y tratamiento indicado en la “Geometría de excavación y tratamiento en el túnel”, se ira colocando lo más cercano al frente de excavación con la secuencia de colocación que se describe, previo amacice de la bóveda y paredes.



Los marcos de acero se deberán retacar contra la roca inmediatamente a su colocación para evitar el aflojamiento de la roza en bóveda. El banqueo se podrá realizar indistintamente al finalizar o simultaneo a la excavación de la bóveda tanto en la excavación de la bóveda como en el banqueo se recomienda emplear la técnica de poscorte para perfilar el contorno definitivo de la excavación en bóveda y paredes y de esta manera intentar evitar sobrepasar la línea “B” de máxima excavación.

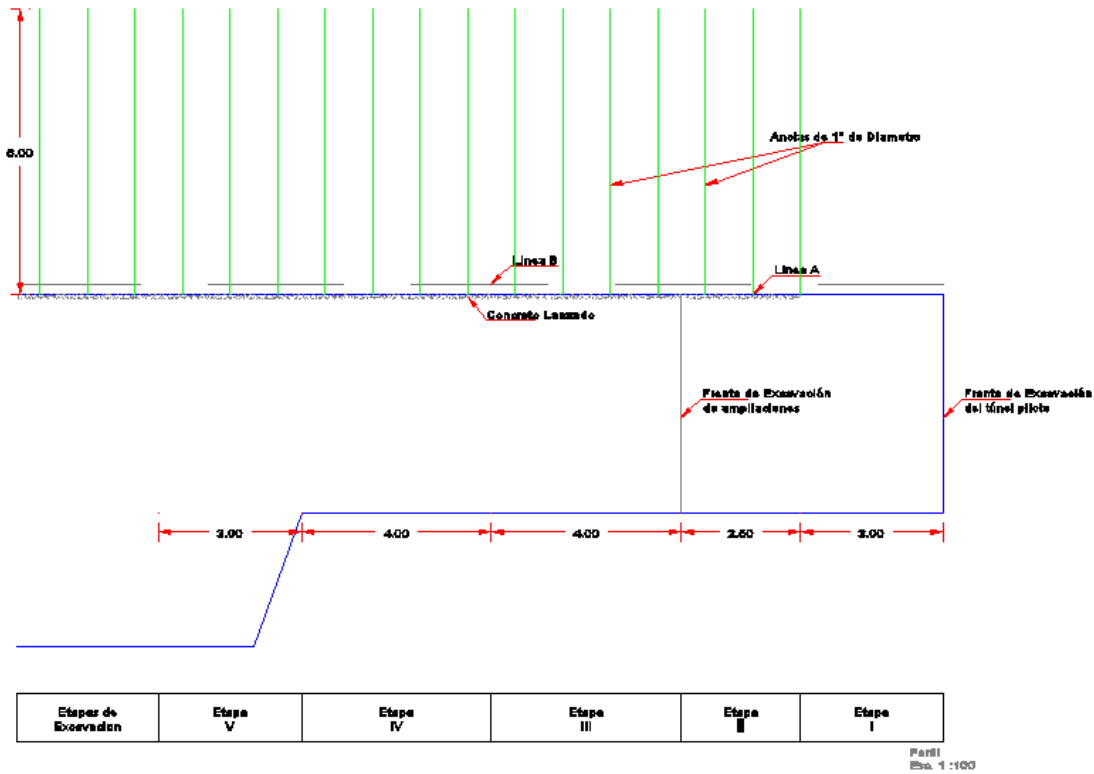




**Excavación en zona central.** Se podrá excavar la bóveda en sección completa y el banco podrá realizarse al finalizar la bóveda o cercano al frente de la excavación de esta. Se recomienda realizar el banco con barrenación horizontal para reducir una eventual sobreexcavación. El soporte y tratamiento descrito en “geometría y tratamiento en túnel” se deberá colocar con la secuencia indicada, evitando dejar sin soporte tramos mayores a 4 m. El factor de carga se ajustará conforme a la eficiencia de la voladura, con el criterio de aplicar el menor factor de carga para reducir los daños a las paredes de la excavación y aumentar la seguridad de la obra. Se recomienda utilizar la técnica de poscorte para perfilar el contorno definitivo de la excavación en bóveda y paredes, y reducir el volumen de sobreexcavación y con esto intentar evitar sobrepasar la línea “B” de máxima excavación.

#### Procedimiento constructivo zona central

**Generales.** El procedimiento constructivo descrito podrá ser modificado por el contratista de acuerdo al equipo de excavación, carga y rezaga que proponga, así como a las condiciones de la roca que se observen durante la construcción del túnel. El método constructivo que eventualmente propusiera el contratista deberá mantener la seguridad de la obra y ser autorizado por la SCT.

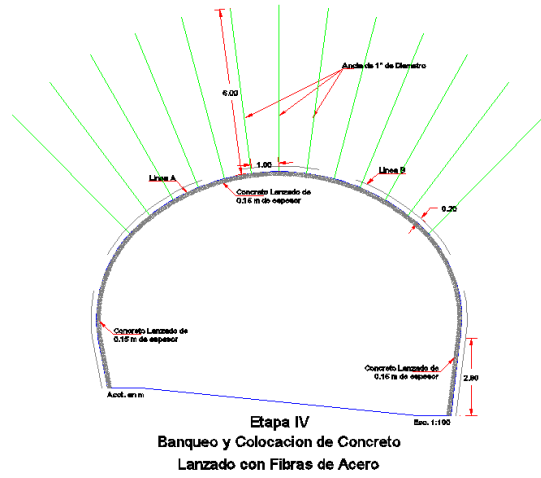
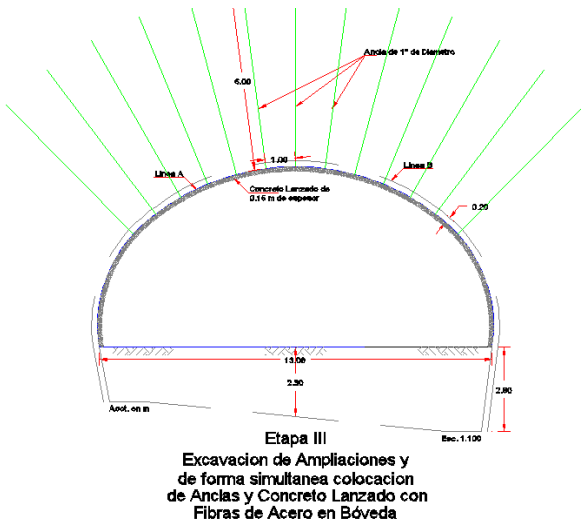
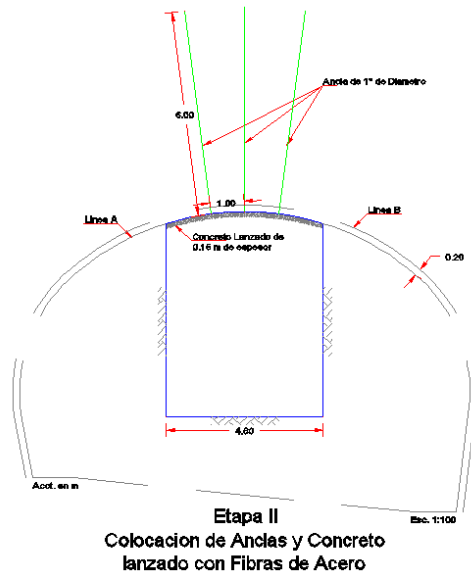
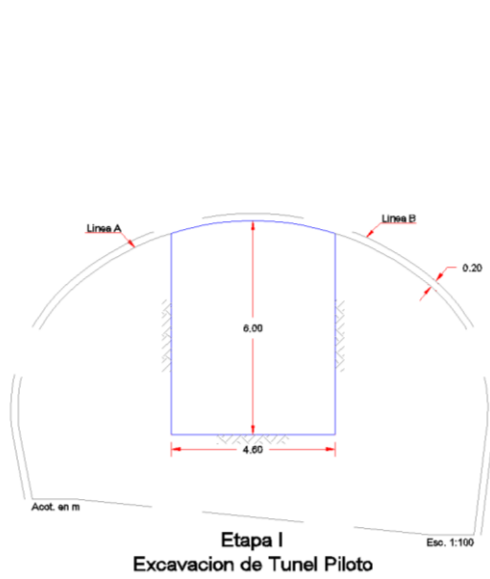


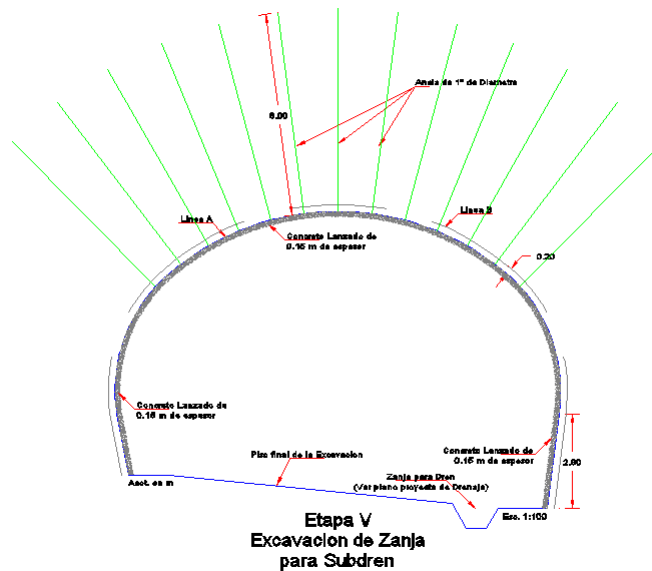
### ETAPAS DE EXCAVACION CON AVANCE DE BANQUEO CERCANO AL FRENTE DE EXCAVACIÓN DE BÓVEDA

**Excavación en zona central.** Se iniciara la excavación con el túnel piloto aunque dependiendo de la dureza del terreno se podrá excavar la bóveda en sección completa, el banqueo podrá realizarse al final de la bóveda o cercano al frente de excavación. El soporte y tratamiento se deberá colocar con la secuencia indicada, evitando dejar sin anclaje tramos mayores a 3 m. El factor de carga se ajustara conforme a la eficiencia de la voladura, con el criterio de aplicar menor factor de carga para reducir los daños a las paredes de la excavación y aumentar la seguridad en la obra.

Se recomienda utilizar la técnica de postcorte para perfilar el contorno definitivo de la excavación (bóvedas y paredes) y reducir el volumen de sobreexcavación (fuera de línea B de excavación).







**Empleo de Explosivos.** De acuerdo a la información presentada en el apartado II.2.4.7 con respecto a la construcción de los 3 túneles ubicados en el km 101+903 - 102+050, 141+949 - 142+059 y 544+177 - 544+379, se presenta el tipo y cantidad de explosivos a emplear durante la construcción de los túneles.

**Tipo de explosivos.** Para la construcción de los túneles se utilizarán “explosivos” constituidos con los siguientes materiales:

- Alto explosivo (hidrogel o similar)
- Agente explosivo (ANFO), es una mezcla elaborada de oxidantes a base de nitrato de amonio prill y combustibles
- Conectores e iniciadores (noneles en series MS, MP o LP)
- Retardo de superficie
- Cordón detonante
- Fulminantes
- Mecha

## Cantidad

Tabla II.38 Cantidad de explosivos utilizados para la construcción de los tres túneles.

Material	Unidad	Cantidades			Totales
		Tunel 1	Tunel 2	Tunel 3	
Alto Explosivo	Kilogramos	2457	2316	3703	8476
Agente Explosivo	Kilogramos	11200	10560	16860	38620
Cordón Detonante	Metros	5040	4752	7596	17388
Conductores	Metros	364	343	548	1255
Iniciadores	Piezas	5082	4884	7807	17773

**Ubicación del sitio de almacenamiento.** El proyecto Mitla – Tehuantepec, es una obra actualmente en construcción que tiene vigencia en materia de impacto ambiental bajo el oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003 bajo términos y condicionantes. Por lo tanto, la empresa constructora a cargo asignada por la promotora, tiene tramitada la revalidación del permiso general número 4577-OAXACA (Ver en anexo digital copia del oficio), concedido por la Secretaría de la Defensa Nacional, en donde se autoriza la compra de los materiales necesarios para armar el explosivo y que serán empleados en la construcción de la carretera federal Mitla – Tehuantepec y para varios tramos de la carretera barranca larga ventanilla de la autopista Oaxaca – Puerto Escondido. También se establece que el almacenamiento se hará en los polvorines que tiene instalados a inmediaciones de los lugares de consumo en los municipios de **San Lorenzo Albarradas Distrito de Tlacolula**, San Juan Juquila Mixes Distrito de Yautepec y **Santiago Lichiguri Distrito de Tehuantepec**, Oaxaca.

Específicamente para la carretera Mitla – Tehuantepec se tiene los siguientes polvorines:

Tabla II.39 Ubicación de polvorines

Número de polvorín	Ubicación	Coordenadas (UTM)
1 y 2	Km 569+523 de la Carretera Mitla – Entronque Tehuantepec II a 200m lado derecho (Tramo 1 construido).  Municipio de San Lorenzo Albarradas Distrito de Tlacolula	Coordenadas UTM, 14 Q Polvorín N° 1: 796476 E; 1874575 N Polvorín N° 2: 796464 E; 1874637 N
3 y 4	Km 169+659 carretera Mitla – Tehuantepec II a 202 m lado derecho (Tramo 3 construido).  Municipio de Santiago Lichiguri Distrito de Tehuantepec	Coordenadas UTM, 15 Q Polvorín N° 3: 229125 E; 1841754 N Polvorín N° 4: 229224 E; 1841712 N

En los anexos de éste documento, se presentan las imágenes satelitales de la plataforma de Google Earth 2014 donde se muestra la ubicación de los polvorines 1, 2, 3 y 4.

### **Manejo del material edáfico resultante de la excavación de los túneles**

El material edáfico producto de las voladuras será utilizado en la formación de terraplenes y en su caso el material que no cumpla con la calidad requerida será dispuesto en bancos de desperdicio (tiro) fuera del derecho de vía.

Las superficies adicionales necesarias que resultarán afectadas por estos bancos de tiro se están gestionando en la presente MIA-R, como se muestra en el apartado II.2.4.1.2 Bancos de tiro donde la Promovente está considerando 51 bancos de tiro en total.

### **Procedimiento de uso de explosivos**

#### **Descripción general**

1. Una vez concluida la construcción del enfilaje, se forma un paraguas en el terreno natural del talud frontal del emportalamiento, garantizando un soporte adecuado que brinda estabilidad durante el inicio de la excavación subterránea.
2. Se inicia con el trazo y nivelación topográfica del túnel para excavación subterránea; por lo que se procede a iniciar con la colocación de la estación total en un punto con coordenadas iniciales del túnel (coordenadas o kilometraje, ver Imagen I.1), sobre el talud frontal el personal de topografía marca y alinea la media sección superior del túnel, continuando con la barrenación de acuerdo a la plantilla para evento de voladura subterránea, diseñada.
3. Partiendo de la elevación a media sección superior se verifica la clave del túnel, la corona de marco, los gálibos de límite de plataforma y los hombros de la estructura de media sección (ver Imagen II.69) y revisando el cadenamamiento y elevaciones, esta actividad será repetitiva de acuerdo a cada ciclo de perforación, penetración, amacice, rezaguéo del material del producto excavado.

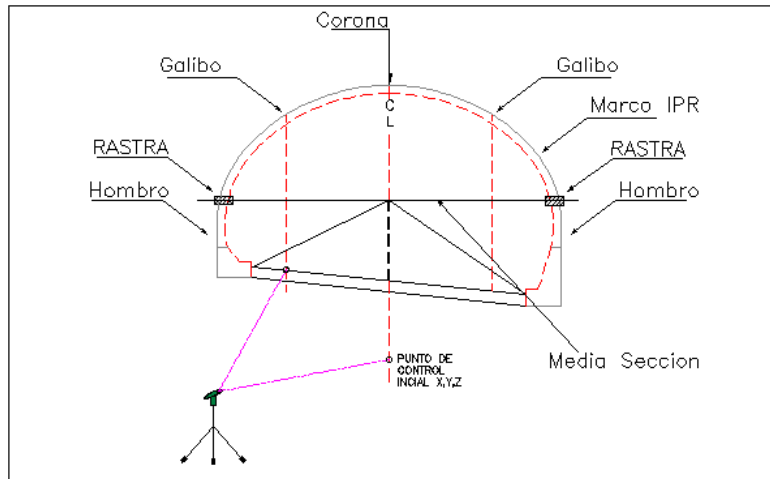
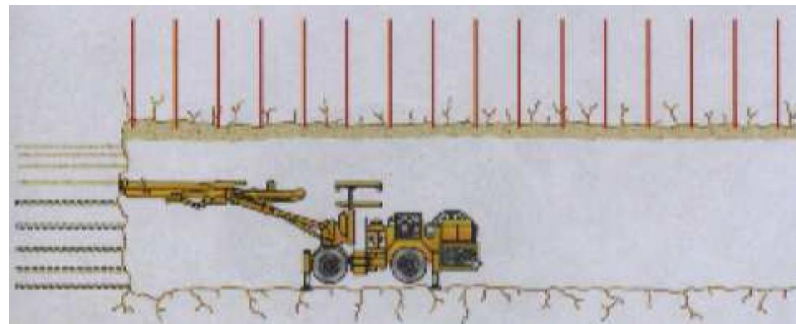


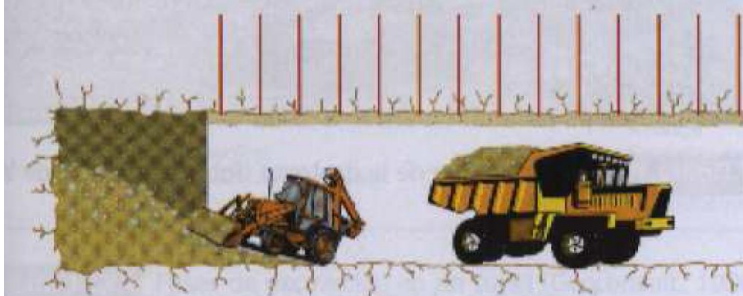
Imagen II.69 Plantilla de barrenación

4. Teniendo el marcado de la sección superior de la figura geométrica del túnel sobre el talud frontal de entrada y salida de inicio y terminación, con equipo electromecánico JUMBO, se inicia la perforación de acuerdo con el diseño previo de la plantilla de barrenación, la cual, conforme a las condiciones del terreno, se estará avanzando y si las condiciones geológicas así lo requieren se rediseñara la plantilla de barrenación en el sitio, con el fin de tener condiciones de excavación favorables y garantizar que no se ocasionen sobre excavaciones.



5. La profundidad de barrenación será de 2.75 m, considerando que en cada ciclo de evento de voladura subterránea el avance será de 2.20 m.
6. Concluida la barrenación se continuara con la carga de material explosivo de alta densidad. Las detonaciones serán secuenciales con el uso de noneles (iniciadores no eléctricos) para controlar la carga de explosivo por tiempo y en consecuencia minimizar la vibraciones y el sonido; concluida la carga se inicia con el operativo de seguridad para dar inicio y realizar el evento de voladura subterránea de manera controlada.
7. Se continua con el retiro del material producto de la voladura (Rezaga) por medios mecánicos, con uso de Cargador Frontal tipo CAT o similar, se continúa con el amacice y lanzado de

concreto con fibra metálica en las superficies que quedan expuestas conforme al avance en la excavación.



8. El material excavado será cargado mediante cargador frontal sobre neumáticos tipo CAT o similar y depositados sobre camiones tipo volteo y/o CAT tipo Articulados 740D.
9. El material producto de la voladura será clasificado por su granulometría para definir su destino como aprovechable o desperdicio.
10. En el banco de desperdicio se utilizara un tractor sobre orugas tipo CAT D6 o similar para extender y acomodar el material a fin de tener una consolidación del mismo y evitar deslizamientos y arrastre de materiales por la presencia de lluvias.
11. Se utilizara equipo de barrenación compuesto por perforadoras sobre neumáticos Jumbo o similar.
12. La barrenación será de 1- 5/8" de diámetro y altura promedio de barrenación de 2.75 m como máximo, o en su defecto manejando profundidades de acuerdo al macizo rocoso y que no desestabilicen la estructura de la sección del túnel por las vibraciones y efecto del evento de voladura.
13. El factor de carga, bordo y espaciamiento se determina inicialmente en el cálculo de una plantilla y diseño de barrenación y se ajustara de acuerdo a los resultados obtenidos contra los valores esperados. De inicio se manejara un factor de carga de explosivo de 1.40 kg/m<sup>3</sup>.
14. Para la carga de barrenos con uso y manejo de material explosivo, dentro del proceso de los eventos de voladuras, se utilizaran los siguientes materiales: Alto explosivo (hidrogel o similar), agente explosivo (ANFO), conectores e iniciadores como indicadores no eléctricos (noneles en series MS, MP o LP), retardo de superficie, cordón detonante, fulminantes y mecha.

Las características de la plantilla de barrenación y poblado para evento de voladura se indican a continuación.

Tabla II.40 Parámetros de la barrenación y evento de voladura.

<b>Diámetro de Barrenación</b>	<b>1- 5/8"</b>
Longitud de Barrenación	2.75 m
Densidad de Hidrogel	0.83 G/CC



Densidad de ANFO	0.85 G/CC
Relación Alto Explosivo –Agente	85 %- 15 % A 00 % - 100 %
Bordo	1.00 m a 1.20 m
Espaciamiento	1.00 m a 1.20 m
Sub Barrenación	0.50 m a 1.00 m
Taco	1.00 m a 1.20 m

### Barrenación

1. Se utilizara la topografía con el fin de marcar los límites de la geometría de la sección del túnel sobre el talud frontal de ataque del túnel de entrada y salida, como es el caso de la barrenación, se hará con un pos-corte delimitando la línea de sección del túnel, con una distancia entre barreno de 40 cm. Además de barrenos de producción con ayudantes en las zonas donde se requiera.
2. Se usara broca de 1-5/8" de diámetro y barras de perforación de 3.10 m de largo, acoplando tantos tramos como sea necesario para alcanzar la longitud de los barrenos.
3. Antes de iniciar la perforación del barreno; se orienta la barra de perforación con la inclinación requerida, de acuerdo a la especificación del proyecto, se perfora lentamente para ser el emboquillado y a partir de entonces, se continua a velocidad de avance normal hasta llegar a la profundidad requerida.
4. El número de los equipos de barrenación, están en función de los requerimientos de volúmenes de material a excavar.

### Voladura

1. Antes de iniciar a cargar los explosivos se verifica que el barreno esté libre de los obstáculos y que su longitud corresponda a la considerada en el diseño de la plantilla de voladura, el poblador o cargador de los barrenos se realizara cargando cada barreno. Esto es con la finalidad de bajar la intensidad de las vibraciones producidas por el evento de voladura y posteriormente o en el mismo instante la barrenación abierta o de producción.
2. Al poblar el barreno, se colocan los materiales explosivos en los barrenos siempre y cuando no se esté realizando en el sitio de la voladura otras actividades que interfieran con la correcta colocación y conexión de los materiales explosivos.
3. Para el poblado de la barrenación de abierta y pos - corte se usaran noneles y cordón detonante, al cual se le amarrara en un extremo una pieza de alto explosivo de baja densidad que servirá como cebo para encender el explosivo restante del barreno, también sirve como guía del resto del explosivo, incluyendo el ANFO hasta completar la carga.
4. Por cada metro lineal del barreno de pre-corte, se cargara 0.5 kg de explosivo, se compactara la carga, asegurándose de esta forma que no quede un tramo del barreno sin carga. Una vez

terminado la carga del barreno, éste se rellena de material fino preferentemente con material de la misma barrenación.

5. El material para el barreno de pre-corte a utilizar será hidrogel Tovex T1, que es un alto explosivo de baja densidad. El cual reduce la energía liberada al realizarse la detonación y por secuencia reduce la vibración ocasionada, previniendo los daños en el talud de los portales, además que su presentación en bombillos de 1 plg de diámetro por 1.0 m de longitud permite distribuir uniformemente la carga a lo largo del barreno, permitiendo un corte uniforme a lo largo del macizo rocoso. Para el barreno de abierta se utilizara Tovex T2 que es un alto explosivo de alta densidad y como agente explosivo el Mexamo.
6. El cordón detonante o nonel empleado en la carga de barreno deberá de ser de 8.00 m para la longitud (altura) de barrenación o igual a 6.00 m sobrándole al menos en la boca del barreno 0.30 m para el amarre de la conexión final y considerando 0.50 m para el acoplamiento de las pieza de alto explosivo.
7. Al término de la carga de los barrenos se hará la conexión por medio de un cordón detonante, se colocaran los retardos de superficie en caso de usar nonel (indicadores no eléctricos) en la carga de barreno, la detonación del explosivo se realizara en forma secuencial con intervalos de 25 milisegundos entre barreno detonado un máximo de 13 kg de explosivo por tiempo en abierta y 4.5 kg para pre-corte, reduciendo aún más la vibración producida y permitiendo un mejor corte a la roca.
8. Para el inicio del evento de voladura se revisara que el área de influencia de la voladura esté libre de animales, personal, equipo, y una vez revisado, aprobado lo anterior por el personal de Seguridad, se conecta el fulminante y la mecha para dar inicio al evento de voladura, se avisa por medio de radio a las áreas o frentes próximos a la voladura y se acciona una sirena que indica la proximidad de la voladura, se procederá entonces a iniciar el evento.
9. Efectuado el evento de voladura se dará el tiempo suficiente para que se disipe los polvos, gases y se pase a revisar de que todo el explosivo haya sido quemado, posteriormente se da inicio al retiro, extracción del material por medio de una excavadora, carros de tipo volteo y camiones fuera de carretera.

#### **Retiro de material producto del evento de voladura**

1. Posteriormente al evento se seguirá con el retiro del material producto del evento de voladura al almacén o banco de desperdicio que se tenga destinado, con el equipo necesario para esta actividad.
2. Cuando el material producto de la voladura este en la parte inferior, por medio de una excavadora, se realizara la carga a los camiones tipo volteo para ser retirado y depositado en los bancos de desperdicio asignados.

3. Una vez retirado el material producto del evento de voladura y amacice el talud obtenido del primer banqueo, se continuara con los trabajos de tratamiento de la excavación.
4. Contando con el tratamiento de la excavación de acuerdo a las especificaciones de proyecto y normas de la SCT, se proseguirá con los baqueos siguientes de la forma descrita hasta llegar a la elevación marcada definitiva del nivel de vialidad.

### **Medidas de prevención para evitar deslaves**

En el entendido de que un “deslave” es el deslizamiento lento o progresivo de una gran cantidad de tierra, lodo y piedras de las faldas o laderas de un cerro, arrasando y sepultando todo lo que se encuentra en su camino. Las causas que los originan pueden ir desde perturbaciones o cambios de los patrones de drenaje, la desestabilización de las pendientes y la eliminación de la vegetación son factores comunes inducidos por la actividad humana que pueden iniciar deslizamientos de tierra. Otros ejemplos incluyen el aumento excesivo de la pendiente de las laderas al socavarse la parte inferior y cargarse la parte superior de una pendiente hasta superarse la resistencia del suelo o de otros componentes.

#### **1era. Fase de Prevención**

Sin embargo, los deslizamientos de tierra también pueden producirse en zonas estables debido a otras actividades humanas tales como modificación del drenaje natural, excavación impropia o escalonamiento de las pendientes.

En las áreas de los túneles se presentan rocas que están muy relajadas superficialmente y fracturadas, pero a la profundidad de los túneles se presentan condiciones de mejor calidad, resistencia y confinamiento. Los macizos rocosos presentan tres sistemas de fracturamiento, todos de origen tectónico que propician la formación de bloques y cuñas.

Por lo tanto, las primeras medidas preventivas que se sugieren son de ingeniería y están sustentadas en los resultados de los estudios geológicos y geofísicos de los sitios de construcción de los túneles.

Es recomendable que:

- Los taludes frontales y laterales de los portales de entrada y salida de los túneles, sean diseñados con el objeto de reducir la posibilidad de que se desprendan bloques de roca.
- Implementar un sistema de anclaje para asegurar la estabilidad del corte y de subdrenaje para ayudar a evitar que se produzca presión hidrostática sobre estos bloques.

De los estudios de geotecnia se determinó que en los sitios de los túneles la topografía es regular y el drenaje fluvial está controlado por los sistemas de fracturamiento que afectan los macizos rocosos. **No se encontró ningún depósito que pudiera sugerir que las laderas donde se localizarán las entradas y salidas de los túneles puedan presentar problemas de estabilidad.** Los sitios donde se construirán los túneles presentan una clasificación de calidad de roca media con un fracturamiento pronunciado,

principalmente por discontinuidades. Debido a la poca cobertura de roca que tendrán los túneles no se cortará la superficie del nivel freático durante la excavación. No se observaron manantiales cercanos a los sitios de los túneles, por lo que se considera que no habrá flujo de agua hacia estos, excepto la que llegue a infiltrarse desde la superficie del terreno durante la época de lluvias.

## 2da. Fase de Prevención

La segunda fase de prevención recomendada estará enfocada en acciones de revisión previa al inicio de construcción y de vigilancia continua (diaria) durante el tiempo que duren las excavaciones de los túneles; donde el objetivo será revisar si existe algún riesgo de susceptibilidad de los sitios de los túneles a las fallas de pendientes.

### Características que pueden indicar un deslizamiento:

- Filtraciones y suelos húmedos o saturados en las zonas anteriormente secas o debajo de laderas
- Grietas en la tierra o la roca o en la cima de las laderas
- Protuberancias poco usuales o cambios de elevación del suelo
- Inclinación de árboles o muros de contención
- Rápido aumento o disminución de los niveles de agua corriente, posiblemente acompañado de aumento de la turbidez (la tierra enturbia el agua)
- Chirridos o chasquidos de arboledas (por ejemplo, las raíces se rompen o se quiebran)
- Caminos o veredas hundidos o sumidos

## 3era. Fase de Prevención

Otra medida preventiva sugerida es la restricción del desmonte a los portales de entrada y salida de los túneles, debido a que la existencia de vegetación reduce el riesgo de deslave y es muy común que en las zonas que han sido deforestadas se tengan muchos problemas de inestabilidad. Por lo tanto, en los sitios de los túneles que se encuentren sin vegetación o presenten claros sin árboles, **se recomienda aplicar técnicas de protección de suelos y revegetación con especies nativas de bosque de encino-pino de manera previa al inicio de construcción de los túneles.**

De los 3 túneles propuestos en el proyecto, únicamente el túnel 1 (km 101+903 – km 102+050) presenta condiciones de degradación y pérdida de vegetación causadas por actividades antropogénicas (terrenos agrícolas, brechas y caminos de terracería), que han ocasionado el desmonte de la vegetación nativa de bosque de encino-pino y han dejado el ecosistema fragmentado, lo cual, incrementa el riesgo de inestabilidad de laderas en pendientes pronunciadas que pudiera ocasionar un deslave durante la construcción del túnel. Por lo tanto, en específico en este túnel se recomienda realizar la reforestación

de la cima (parte superior del túnel), así como de las laderas circundantes (Ver apartado 4 de esta información adicional, Acciones de restauración, reforestación y/o revegetación de sitios alterados por el proyecto). De manera adicional, se deberá aplicar alguna técnica de estabilización de laderas como las establecidas en las medidas de mitigación, que puede ser visto al final de éste documento.

**Iluminación.** Se tiene proyectada la construcción de 3 subestaciones eléctricas para iluminar los 3 túneles, a un costado de la entrada o salida de cada túnel. La superficie a emplear es variable para cada una de ellas, pero el diseño incluye la construcción de los accesos, área de equipo, dormitorio, baño, bodega y la subestación eléctrica (ver plano de planta general niveles de iluminación del túnel 1 en Anexo Digital).

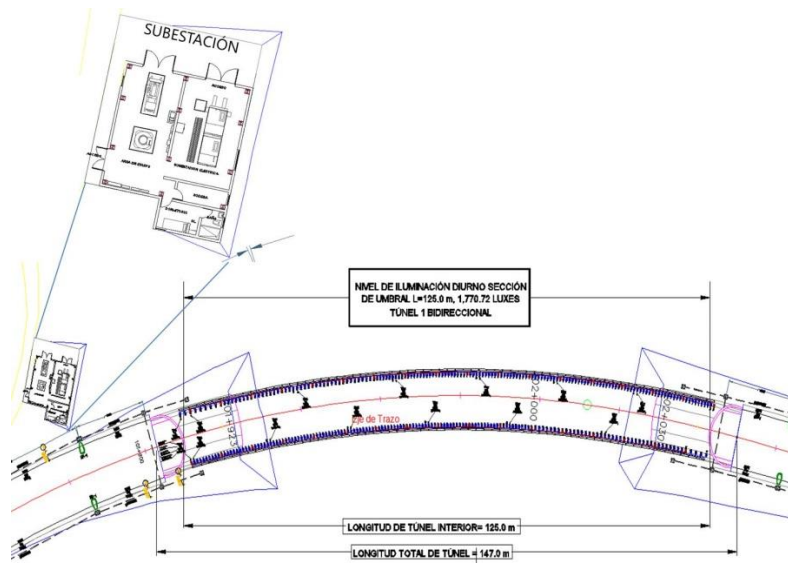


Imagen II.70 Representación de la ubicación de la subestación eléctrica del túnel 1.

### Suministro de energía (cableado)

Para el túnel 1, la alimentación de la energía eléctrica a la subestación, no requiere desmontes adicionales para el tendido del cableado, debido a que existe un cruce con línea de CFE muy cerca del punto de construcción del túnel y un camino de terracería sobre el que se puede realizar el tendido del cableado.

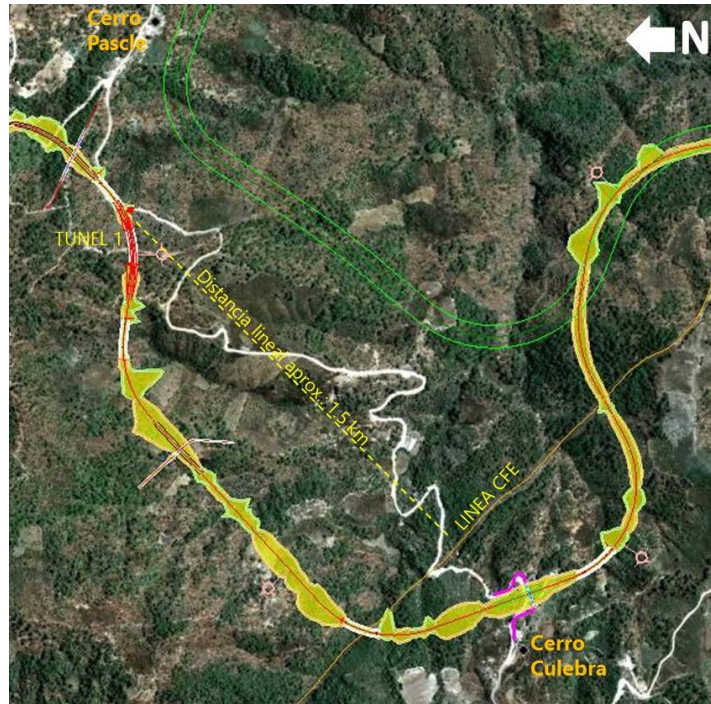


Imagen II.71 Google Earth 2013. Se muestra la ubicación del túnel 1 y de la línea de CFE.

Para la alimentación de las subestaciones de los túneles 2 y 3, se pretende que el suministro de la energía eléctrica (cableado) se realice desde la comunidad de Santo Domingo Narro y se distribuirá a lo largo del trazo en terrenos pertenecientes al derecho de vía, se está considerando la alternativa con energía solar o eólica, siempre y cuando represente una mejor solución técnica.

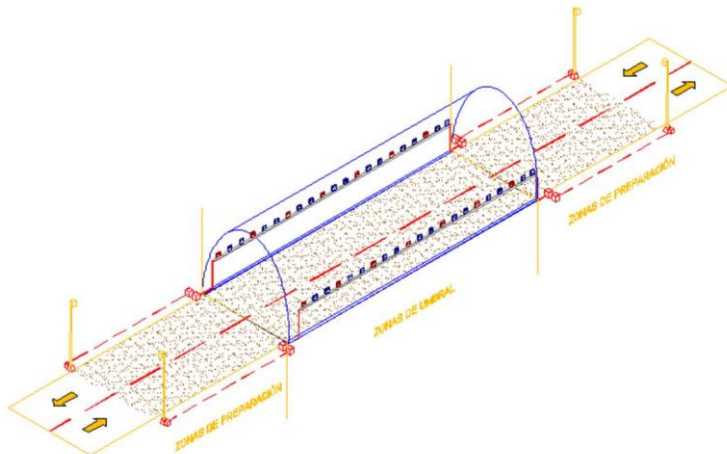


Imagen II.72 Ejemplo de sección del plano de ubicación de luminarias dentro del túnel 1

Toda la información del proyecto ejecutivo de los túneles, se anexa en los CD de respaldo de esta MIA-R.

### Capacidad de las subestaciones eléctricas

- **Subestación Tipo Pedestal Túnel 1**



Tipo interior compacta de 13.8 KV  
Acometida Aérea de CFE 3Ø, 3H, 60 HZ 13.8 KV

■ **Subestación Tipo Pedestal Túnel 2**

Tipo interior compacta de 13.8 KV  
Acometida Aérea de CFE 3Ø, 3H, 60 HZ 13.8 KV

■ **Subestación Tipo Pedestal Túnel 3**

Tipo interior compacta de 13.8 KV  
Acometida Aérea de CFE 3Ø, 3H, 60 HZ 13.8 KV

## Proceso constructivo de las subestaciones eléctricas

### 1. Objetivo y Alcance

#### 1.1 Objetivo

Establecer los lineamientos a seguir para la correcta construcción de la obra civil y la instalación de las subestaciones eléctricas que alimentaran de energía eléctrica los túneles 1, 2 y 3 de la Carretera Mitla-Entronque Tehuantepec II, cumpliendo con lo solicitado en el Proyecto Ejecutivo Autorizado y normativa aplicable.

#### 1.2 Alcance

Este procedimiento aplica en las actividades de construcción de las Subestaciones eléctricas que alimentaran de energía eléctrica a los túneles 1, 2 y 3 del proyecto Carretera Mitla-Entronque Tehuantepec II.

### 2. Definiciones / Responsabilidades

#### 2.1 Definiciones

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA.** Son aquellas que se colocan y son alimentadas por una tensión eléctrica y se distribuyen para la puesta en funcionamiento de los equipos que la necesitan y que estarán en función a la capacidad que lo requieran.

**TUBERÍA CONDUIT.** Canalización circular que aloja conductores eléctricos, para protegerlos contra el deterioro mecánico.

#### 2.2 Responsabilidades

**El Gerente de Construcción.-** Es el responsable de la implementación de este procedimiento.

**El Superintendente de Construcción.-** Es responsable de asegurarse que el personal a su cargo, realice las actividades de acuerdo con el presente procedimiento y conforme a la planeación del proyecto.

**Jefe de Obra.-** Es el responsable en la Ejecución en tiempo y forma de las actividades de Construcción, realiza la planeación de las actividades de Construcción, programando de manera oportuna los recursos que serán utilizados en la construcción de las Subestaciones eléctricas del proyecto.

**Jefe de Aseguramiento de Calidad.-** Certifica las actividades del presente procedimiento mediante la revisión aleatoria en la ejecución del proceso y la revisión documental de acuerdo a lo indicado en el formato de certificaciones.

**Jefe de Seguridad y Salud en el Trabajo.-** Supervisa y asegura que las actividades de Construcción se realicen en apego a la normativa de Seguridad y Salud en el trabajo.

**Jefe de Medio ambiente.-** Supervisa y asegura que las actividades de Construcción se realicen en apego a la normativa de protección del Medio Ambiente aplicable al proyecto.

### 3. Descripción

#### **Construcción obra civil**

La construcción de la obra civil de las subestaciones se llevará a cabo, conforme a lo indicado en el Proyecto Ejecutivo autorizado.

#### **Trazo**

La cuadrilla de topografía traza la ubicación física de la subestación, para lo cual utiliza el proyecto ejecutivo autorizado.

#### **Construcción de la Cimentación**

Una vez afinada la cepa y compactada de forma manual, el topógrafo procede a realizar el trazo y nivelación para colocar la plantilla de concreto de  $f'c 100 \text{ kg/cm}^2$ .

La cimentación superficial se llevara a cabo mediante zapatas y/o contratrabes según se indica en el proyecto ejecutivo.

#### **Construcción de Muros y losas**

El personal fierro procede a realizar el corte del acero de refuerzo con medidas de longitud y diámetros conforme a proyecto, posteriormente realizan los dobleces necesarios requeridos.

Los fierros inician el traslado del acero de refuerzo habilitado, a la zona de cimbra e inician con el armado de la parrilla, para lo cual, toman de referencia el proyecto ejecutivo.

Una vez terminado el armado del acero de refuerzo de la parrilla, se procede a realizar la limpieza de la zona.

El jefe de frente verifica que el armado de acero de refuerzo cumpla con lo indicado en el proyecto ejecutivo, ejemplo: número de varillas, # de acero de refuerzo utilizado, traslapes, pasos de instalaciones, separación, etc.

### **Construcción de Trincheras**

La cuadrilla de topografía realiza el trazo de la ubicación de las trincheras. Se realiza la excavación por medios manuales (pico y pala), para realizar las trincheras de acuerdo a trazo realizado.

### **Fosa de captación de aceite**

La fosa de captación de aceite está conformada por un espacio dentro de la cimentación de cada transformador y cuyo propósito es la captación del aceite que eventualmente pueda llegar a fugarse del equipo. Dada su naturaleza el diseño civil de la fosa de captación forma parte del diseño de la cimentación del equipo. La capacidad de cada fosa de captación es cuando menos del 30% del volumen del aceite total de cada transformador. La superficie de captación de la fosa abarcara totalmente la proyección horizontal de todos los elementos (tanque principal, tanque conservador, radiadores y boquillas) de los transformadores. Cada fosa incluirá una rejilla metálica tipo Irving con recubrimiento anticorrosivo diseñada para soportar piedra bola (diámetro entre 12 y 20 cm). La rejilla metálica se instalara a una profundidad tal que sobre esta se pueda colocar una capa de 30 cm de espesor de piedra bola, dejando entre esta capa y la parte superior de la fosa un espacio libre de 15 cm. La fosa de captación se debe diseñar considerando que sus escurrimientos descargaran a un tanque colector común mediante un sistema de drenaje subterráneo que funcionara por gravedad a base de tuberías con un diámetro mínimo de 25.4 cm. Este sistema de drenaje no debe tener comunicación con trincheras de cables ni con el drenaje pluvial de la subestación.

### **Tanque colector de aceite**

Está conformado básicamente por una cisterna que se construye en la cercanía del equipo de transformación cuyo propósito será captar el aceite proveniente de las fosas de captación de aceite. El tanque colector se debe diseñar de concreto hidráulico armado con una resistencia de  $f'c=19.6\text{MPa}$  ( $200\text{ kg/cm}^2$ ) y acero de refuerzo de  $Fy= 411.6\text{ Mpa}$  ( $4200\text{ kg/cm}^2$ ). La capacidad del tanque colector debe ser del 120% del volumen del aceite total de la unidad mayor de los equipos de transformación que descarguen en él. Este tanque no tendrá comunicación con trincheras de cables ni con el drenaje pluvial de la subestación. Se debe incluir un sistema de bombeo y cárcamo para extracción del agua de lluvia mediante una bomba para agua de  $\frac{1}{2}$  hp protegida contra intemperie y con control manual y/o automático con base en un sistema de electroniveles. El tanque colector debe incluir una lumbrera para acceso hombre con tapa ciega abatible y una escalera marina en el interior para su acceso. La

ubicación del tanque colector debe ser tal que no interfiera con construcciones y futuras ampliaciones. Cuando las unidades cuenten con un sistema contra incendio automático del tipo diluvio, el diseño del tanque colector debe considerar el volumen de agua adicional a descargar en caso de incendio.

### **Mamparas**

Están conformadas por muros que se construyen entre cada equipo cuyo propósito será limitar los daños y la potencial propagación de fuego a los equipos adyacentes. Las mamparas se deben diseñar de concreto block macizo sin huecos o tabique rojo con acabado aparente rigidizados con columnas y trabes de concreto armado o prefabricados con juntas debidamente selladas. Se debe emplear concreto con una resistencia de  $f'c=19.6$  Mpa ( $200$  kg/cm<sup>2</sup>) y acero de refuerzo de  $Fy= 411.6$  Mpa ( $4200$  kg/cm<sup>2</sup>). Las dimensiones de las mamparas y su separación está en función del tamaño real de los equipos a instalar debiendo estas tener una altura de 30 cm por encima de la parte más alta de los equipos y una longitud que sobrepase 61 cm (30.5 cm de cada lado) del cuerpo de estos. Las mamparas se deben diseñar y construir para soportar al menos dos horas de fuego continuo. El diseño de las mamparas se debe realizar tomando en cuenta los siguientes parámetros: velocidad máxima de viento con periodo de retorno de 200 años y coeficiente sísmico de acuerdo a la zona donde se localicen, así como las cargas actuantes como son: estructuras metálicas, barras del terciario y neutro y otras que se indiquen en los planos de disposición del equipo.

### **Obras complementarias**

Se debe de realizar el diseño de obras complementarias cuando se requiera y que incluyan de manera enunciativa más no limitativa lo siguiente: El desvío de escurrimientos, cauces de arroyos naturales, canales de riego o canales de agua residuales, mediante el uso de cunetas, contracunetas, canales superficiales o tuberías, tanques de amortiguamiento, pantallas disipadoras de energía, bordos, muretes, lavaderos, etc., cumpliendo siempre con la velocidad mínima de 0.60 m/seg y máxima de 3 m/seg con las cuales evitan azolvamiento y erosión, respectivamente, de tal manera que resguarden las instalaciones de la subestación y de los predios adyacentes, respetando los escurrimientos naturales.

Las 3 subestaciones estarán equipadas con extinguidores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o de polvo químico seco, que tenga como mínimo una capacidad de 10 lb, ubicados visiblemente a lo largo de la ruta de evacuación preferiblemente al exterior de la subestación y a disposición inmediata en caso de incendio.

Para los sanitarios que se colocaran en las subestaciones se proponen baños secos (a través de fosas sépticas) que eviten la contaminación y generación de descargas hacia los escurrimientos y el Río Tehuantepec. Dentro de las propuestas se encuentran los sistemas basados en deshidratación “sanitarios secos” y en la descomposición “sanitarios composteros”, ambos

funcionan sin agua (Holger, 2006). Así mismo se deberán tener alternativas para las aguas grises o jabonosas (de lavabos, fregaderos, lavaderos, regaderas, etc.), generadas en las actividades de aseo personal (Ecosencia, 2013; SARAR, 2013).

### **Instalaciones eléctricas de equipos**

Las instalaciones eléctricas deben cumplir lo solicitado por la norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005.

Todos los conductores eléctricos serán de cobre suave tipo THW-LS baja emisión de humos, diseñados para operar a una tensión máxima de operación de 600 V y a 75° C, temperatura máxima de operación.

Todas las conexiones (Empalmes) de los conductores en los registros de piso, se deberán aislar con una capa traslapada según aplique, de las siguientes cintas aislantes:

- Una capa de cinta aislante N° 23.- esta cinta está hecha a base de Hule Etileno-Propileno (EPR), garantiza un sello contra la humedad en conexiones eléctricas en baja tensión, sus características de operación son:
  - Rango de temperatura 90°C, continuos y 130° C en emergencia.
  - Ruptura dieléctrica de 24,000 Volts
  - Elongación máxima 1000%, su elongación proporciona aislamiento libre de aire evitándose “El efecto Corona”, y no provoca corrosión en los conductores.
- Una capa de cinta aislante N° 33.- esta cinta está hecha a base de Cloruro de Polivinilo, propileno, aislamiento en empalmes hasta 600 volts, en baja tensión, sus características operativas son:
  - Rango de temperatura -5 a 80° C, temperatura máxima 105° C.
  - Ruptura dieléctrica 10,000 Volts.
  - Elongación máxima 250%
  - Es autoextinguible, retardante a la flama, resistente a abrasión, adhesivo base de Hule-Resina (No corrosivo).
- Una capa de cinta aislante N° 70.- Esta cinta está hecha a base de hule Silicón Auto-Fusionable. Esta especialmente diseñada para protección de cables aéreos exteriores y sujetos a contaminación, sus características son:
  - Rango de temperatura 180° C
  - Ruptura dieléctrica 10,000 Volts
  - Elongación máxima 450%.

Se deberán identificar todos los conductores eléctricos para alumbrado (independientemente del Calibre de los conductores de que se trate) por medio de marcadores de color para las fases conforme al siguiente código:

Conductores	Color
Fase “A”	Negro
Fase “B”	Rojo

Conductores	Color
Fase "C"	Azul
Neutro	Blanco

Estos tipos de marcadores deben ser legibles e indelebles, aplicándolos en todos los registros en piso y en todos ubicados en la parte inferior de los postes metálicos para montajes y conexiones de los propios luminarios.

Se debe limpiar el interior de toda canalización para evitar, que queden desperdicios de materiales, que puedan dañar el forro de los conductores.

La fotocelda instalada a los sistemas de iluminación, deberá colocarse de tal forma que no reciba directamente alguna luz intensa durante la noche que engañe al interruptor fotoeléctrico.

Los conductos para la instalación eléctrica serán realizados con tubería conduit galvanizada pared gruesa y delgada y PVC. Uso pesado.

Los materiales a emplear para las instalaciones de las subestaciones deberán cumplir con la normativa conforme se indica a continuación:

Número de registro de materiales	Normativa aplicable
Tuboconduit Galv. Pared gruesa	PG-NMX-B209
Tuboconduit Galv. Pared delgada	PD-NMX-B210
Consulte serie ovalada	NOM-01
Cable de cobre suave THW-LS vinanel 90°, 600v	NOM-063SCFI
Cable de cobre desnudo	NOM-063SCFI
Tableros e interruptores	NMX-J-266-ANCE
Materiales misceláneos	NOM-01
Charola de aluminio	NOM-01
Conectores mecánicos y ponchables	NMXJ-170

El cabo de instalaciones eléctricas revisa que la unión de los tubos se deje limpia y libre para el paso y cuidado del cable.

Los extremos de los tubos se dejaran con guía, con el fin de estar seguros que se encuentre libre el tubo y para el momento de cablear.



La sujeción de las tuberías se hará de acuerdo a las especificaciones de proyecto, de tal manera que la tubería quede asegurada firmemente y se mantenga alineada, y evitando que se flexione.

Cuando los tubos o más corran en paralelo, mantendrán una separación constante a todo lo largo, esta separación será lo suficiente amplia para hacer futuras reparaciones si fuera necesario.

El Residente de instalaciones verifica que una vez terminada la colocación del cable, se proceda a hacer la prueba de continuidad, es decir, que están las interconexiones conforme al proyecto autorizado.

Cuando la línea está totalmente probada y cerrada se procederá a energizarse.

El jefe de frente y el residente de instalaciones determinaran cuándo se iniciará la colocación de los sistemas de tierras, de acuerdo a las memorias de cálculo del proyecto.

La prueba de continuidad es tanto para instalaciones en media tensión, como en baja tensión.

#### **Instalación eléctrica subterránea**

La tubería deberá ser de tubo PVC tráfico pesado.

#### **Instalación eléctrica a plantas generadoras (Plantas de emergencia)**

Se instala un motor de combustión interna que tiene acoplado un generador que está de acuerdo a la capacidad, en kW y alimentara a una parte proporcional de la instalación normal.

Prueba de continuidad.- También será aplicable para el circuito de la energía que se deriva de una planta de emergencia.

#### **Instalaciones eléctricas que protegen contra descargas atmosféricas**

En las posiciones altas de la subestación, se colocaran accesorios específicos (sistema de pararrayos) de acuerdo a proyecto, (puntas de diferentes diseños) que son por donde se drenaran estas descargas atmosféricas.

Se realizaran preparaciones subterráneas en donde se harán las descargas atmosféricas y estas estarán sujetas al diseño del proyecto.

Las instalaciones se probaran de acuerdo a su capacidad a la que fue calculada mediante una UNIDAD DE VERIFICACIÓN EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UVIE's).

#### **Sistema de Tierra de la Subestación Eléctrica**

Las subestaciones eléctricas deben contar con un sistema de tierra al cual se conectan todos y cada uno de los elementos de la instalación que requieran ser puestos a tierra para:

- Proveer un medio seguro para proteger al personal que se encuentre dentro o en la proximidad del sistema de Tierra o de los equipos conectados a tierra, de los riesgos de una descarga eléctrica debida a condiciones de falla o por descarga atmosférica.
- Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes a tierra, ya sean debidas a una falla a tierra del sistema o a la propia operación de algunos equipos.
- Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas indeseables a tierra, sin que se excedan los límites de operación de los equipos
- Facilitar la operación de los dispositivos de protección, para la eliminación de fallas a tierra.
- Proveer un medio de descarga y desenergización de equipos, antes de proceder a las tareas de mantenimiento.
- Dar mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.

Los elementos principales del sistema de tierra son:

- Rejilla para tierra, enterrada a una profundidad no menor a 0,3 m ni mayor de 1,5 m, puesto que puede depender del tipo de terreno.
- Electrodo vertical (varillas para tierra) conectados a la rejilla para tierra y clavados verticalmente en el terreno, se recomienda al menos una Electrodo vertical (varilla para tierra) en cada esquina de la rejilla para tierra.
- Conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación y del equipo, que deban ser puestos a tierra incluyendo estructuras metálicas. Las características de éstos conductores no se establecen en esta norma de referencia.
- Conectores aprobados de acuerdo a la normativa de la CFE que pueden ser soldables, mecánicos o a compresión. De tal forma que la temperatura de fusión en la unión no sea menor a la temperatura de fusión del conductor que se conecte y que la unión no se deteriore por el medio ambiente en que se instale.

### **Medición de la Resistividad del Terreno**

Se deben llevar a cabo las mediciones de la resistividad del terreno en el área donde se instalará el sistema de tierra, determinando la resistividad de la o las capas de terreno que deban aplicarse en los cálculos del sistema de tierra. Este estudio deberá llevarse a cabo en la época del año de menor humedad del terreno.

Al valor más alto de la resistividad del terreno obtenido en las mediciones, se le aplicará un factor de reducción del 15% por utilizar un intensificador de tierras (GAP), el cual es inerte, no es agente químico y no causa daño a la ecología del lugar.

Se deben realizar dos mediciones: Una de resistividad cuyos resultados permitirán establecer el diseño de la red de Tierra. Y otra medición de resistencia posterior a la construcción del sistema de Tierra a fin de verificar si se cumplió con los parámetros de diseño esperados.

### II.2.4.7.3 Listado de túneles

Se tiene proyectada la construcción de 3 túneles:

Tabla II.41 Listado de túneles

No.	TÚNELES (MIA-R)	COORDENADAS UTM		LONGITUD (m)	SUP. AFECTACIÓN (ha)			TOTAL POR TÚNEL
		X	Y		PORTAL ENTRADA	PORTAL SALIDA	SUBESTACIÓN	
1	101+903 - 102+050	177297.03	1869056.93	147	0.12	0.21	0.036	0.37 ha
2	141+949 - 142+059	205561.00	1852183.00	110	0.44	0.49	0.037	0.96 ha
3	544+177 - 544+379	207298.00	1851126.00	202	0.12	0.14	0.018	0.28 ha
TOTAL TÚNELES				459 m 0.46 km	0.68 ha	0.84 ha	0.09 ha	1.61 ha

La superficie de afectación en el túnel 1 por el desmonte de los portales de entrada y salida, y de la subestación eléctrica es de 0.37 ha de vegetación de bosque de encino – pino en estado secundario y estrato arbustivo.

Para los túneles 2 y 3, las superficies de afectación son sobre selva baja caducifolia en estado primario, en 0.96 ha y 0.28 ha, respectivamente.

Tabla II.42 Volúmenes de excavación de los túneles

NO.	TÚNELES (MIA-R)	CADENAMIENTOS	EXCAVACIÓN	
			PORTALES	ZONA CENTRAL
1	101+980	101+903 - 102+050	40933.26	10231.25
2	142+000	141+949 - 142+059	63050.48	6777.3
3	544+300	544+177 - 544+379	29428.5	15498.41

Volúmenes de excavación 133412.24 m<sup>3</sup> 32506.96 m<sup>3</sup>

#### II.2.4.8 Obras de infraestructura adicional

El eje troncal en el tramo 2, tiene proyectada como infraestructura adicional: 5 entronques, 9 pasos inferiores vehiculares, 4 pasos superiores vehiculares, 1 paso superior peatonal, 4 pasos superiores peatonales y ganaderos, 4 rampas de frenado de emergencia, 5 paraderos y 1 mirador.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM representativas de estas obras de infraestructuras adicional, en los anexos digitales del Capítulo II se desglosan a detalle el resto de las coordenadas.

ESTRUCTURA	COORDENADAS UTM	
	X	Y
Entronque Albarradas	159373.76159	1877615.22415
Entronque Lachixila	210836.95336	1849930.93374
Entronque Lachixila	210747.74589	1850113.83124
Entronque Narro	192965.09935	1858958.27662
Entronque Narro	192695.01507	1858832.34035
Entronque Narro	192937.01548	1859050.87915
Entronque Tepuxtepec	171613.65156	1873924.68865
Entronque Tepuxtepec	171755.71147	1874107.97204
Entronque Totolapilla	220926.33699	1845334.29755
Entronque Totolapilla	220742.05891	1845534.89510
PIV1 92+445	172063.61	1872275.71
PIV2 92+950	172262.69	1871827.02
PIV3 98+422	175760.91	1870730.80
PIV3A 101+242	177550.35	1869638.20
PIV4 101+679	177584.60	1869235.27
PIV5 102+570	176818.92	1868894.80
PIV6 103+720	176515.63	1867936.33
PIV8 105+700	177910.48	1867180.12
PIV9 119+250	187565.69	1860696.12
PSV 1 81+340	166857.46	1878481.02
PSV 2 82+080	167572.42	1878329.69
PSV 3 83+300	168618.41	1877722.73
PSV4 83+892	169136.37	1877442.46
PSPyG1 115+750	185087.33	1863083.39
PSPyG2 116+570	185538.72	1862408.81
PSPyG3 123+620	190220.36	1858556.37
PSPyG5 124+730	191042.14	1858870.89

ESTRUCTURA	COORDENADAS UTM	
	X	Y
PSP1 125+420	191696.99	1858900.22
Rampa 1 km 81+200	166675.33129	1878503.75261
Rampa 2 km 90+000	172317.23993	1874650.44803
Rampa 3 km 115+200	184758.73159	1863263.94509
Rampa 4 km 125+000	191496.72415	1858732.00552
Paradero 1 km 106+360	185468.39802	1862626.57738
Paradero 1 km 106+360	185431.21820	1862617.29705
Paradero 2 km 116+900	185802.88343	1862201.23842
Paradero 3 km 123+680	190276.03961	1858540.06764
Paradero 4 km 125+640	193948.24289	1858857.84926
Paradero 4 km 125+640	193962.22137	1858895.63308
Parador integral Narro	192723.00605	1858708.07696
Mirador Acatlancito	191735.55312	1858870.87122

## II.2.4.8.1 Entronques

### II.2.4.8.1.a Entronque (1) Sta. Ma. Albarradas

Este entronque se construirá en el cadenamamiento 73+200, esta infraestructura adicional es uno de los 4 entronques autorizados en el proyecto integral Mitla – Tehuantepec oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03. Su ubicación no presenta cambios, pero el motivo de incluirlo en esta nueva evaluación se debe a que se requieren 2.46 ha adicionales a las autorizadas para su construcción.

El diseño del entronque incluye la construcción de 4 ejes que conforman una longitud de 2.39 km y una superficie de obras permanentes de 2.83 ha.

Tabla II.43 Ejes que conforman el entronque 1

ENTRONQUE (1) ALBARRADAS	CADENAMIENTO INICIAL	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD DEL EJE
Eje 10	10+000	11+325.518	1325.52 m
Eje 20	20+000	20+229.623	229.62 m
Eje 30	29+941.304	30+678.024	736.72 m
Eje 40	40+000	40+093.356	93.36 m
Eje 1	Puente Dimensiones: 32.44 x 19.56 Sup. puente: 634.81 m <sup>2</sup>	Subtotal	2385.22 m
			2.39 km

#### SUPERFICIES DEL ENTRONQUE (1) STA. MA. ALBARRADAS

Superficie de obras permanentes: 2.83 ha, donde se construirán terracerías y pavimentación de los ejes.

Superficie de afectación para la construcción del entronque (polígono color amarillo): 1.97 ha, de las cuales:

- Selva baja caducifolia secundaria arbustiva 0.09 ha
- Zona agrícola 1.88 ha

Superficie con autorización (polígono color naranja): 4.71 ha (de las cuales 0.38 ha son de selva baja caducifolia arbustiva, 3.63 ha de zona agrícola y 0.15 ha de un camino de terracería existente).



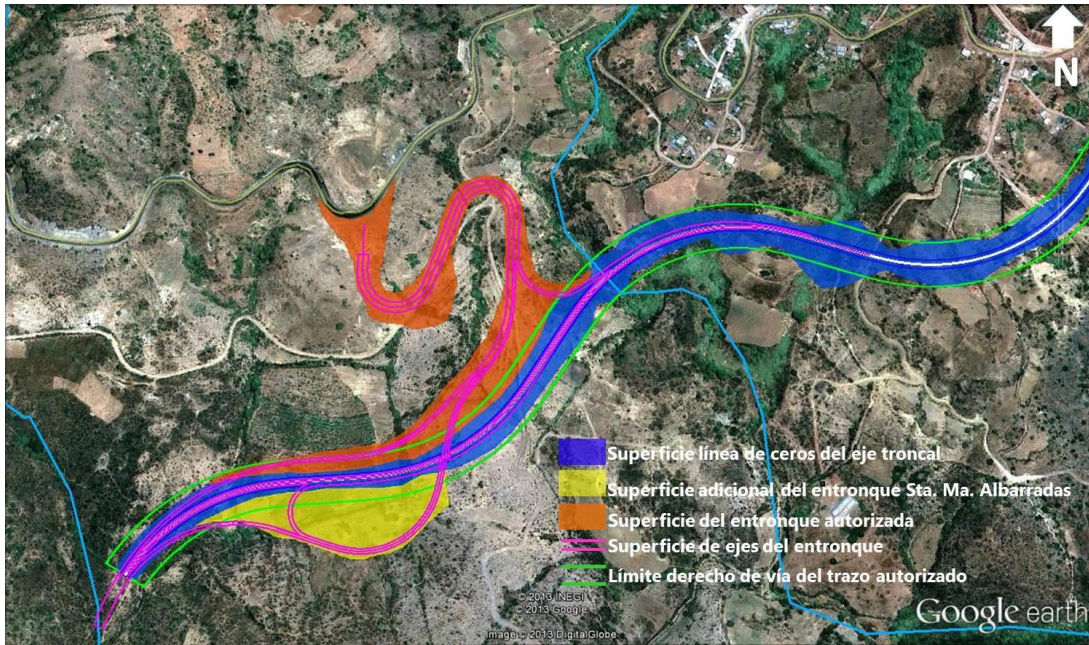


Imagen II.73

Google Earth 2013. Representación de las superficies del entronque (1) Sta. Ma. Albarradas

#### II.2.4.8.1.b Entronque (2) Tepuxtepec

El entronque Tepuxtepec, tiene su origen en la proyección del entronque Tierra Blanca, que también es una infraestructura adicional del proyecto autorizado pero su ubicación y nombre ahora son diferentes.

En el trazo autorizado del tramo 2 se indicó que el entronque Tierra Blanca se ubicaría en el km 91+200, esto es unos 695 m adelante de la proyección actual del entronque Tepuxtepec, se ubicaba justo en el cruce con el camino de terracería del poblado de Llano Crucero.

Actualmente, en el trazo del eje troncal, el entronque Tepuxtepec, se ubica en el km 90+572, en el cruce con una terracería alterna que también conduce a Llano Crucero. Su trazado incluye la proyección de 5 ejes, que logran la conexión de los 2 cuerpos de la carretera con el camino de terracería Llano Crucero – Santo Domingo Tepuxtepec; este conjunto de ejes tienen una longitud total de 0.21 km, y ocupan una superficie de obras permanentes de 2.02 ha.

Tabla II.44 Ejes que conforman el entronque 2

ENTRONQUE (2) TEPUXTEPEC	CADENAMIENTO INICIAL	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD DEL EJE
Eje 1	1+000	1+765.954	765.95 m
Eje 10	10+000	10+339.617	339.62 m
Eje 20	20+000	20+209.679	209.68 m
Eje 30	30+000	30+277.998	278.00 m
Eje 40	40+000	40+457.081	457.08 m

Eje 1	Puente Dimensiones: 22.75 x 15.45 Sup. puente: 351.45 m <sup>2</sup>	subtotal	2050.33 m
			0.21 km

En el eje 1 de este entronque, se tiene proyectada una estructura tipo puente, que permita elevar la rasante del eje 1 para que cruce la carretera; la superficie de esta estructura está contemplada dentro de lo indicado para obras permanentes, y las afectaciones por su construcción dentro de lo presentado en la superficie de afectación del eje troncal.

### SUPERFICIES DEL ENTRONQUE (2) TEPUXTEPEC

Superficie de obras permanentes: 2.02 ha, donde se construirán terracerías y pavimentación de los ejes.

Superficie de afectación para la construcción del entronque (polígonos color amarillo Imagen II.74): 5.18 ha, de las cuales:

- Camino 0.33 ha
- Bosque pino-encino secundario arbustivo 1.01 ha
- Bosque pino-encino secundario arbóreo 2.60 ha
- Zona agrícola 1.09 ha
- Vegetación ruderal-arvensis 0.15 ha

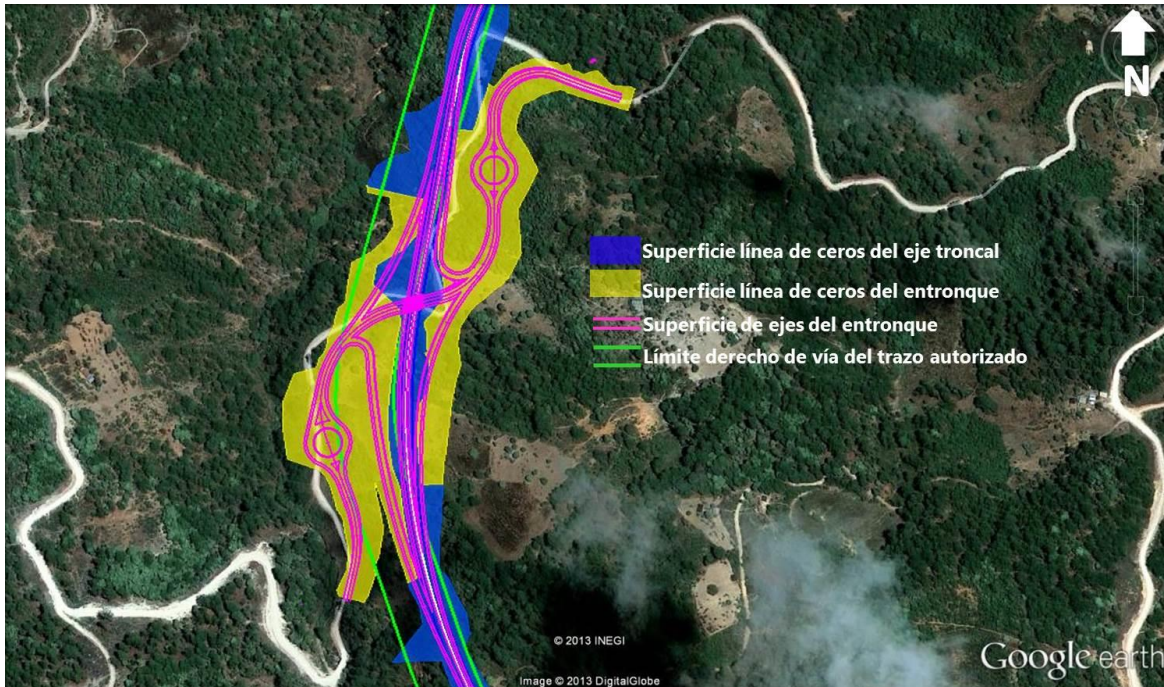


Imagen II.74 Google Earth 2013. Representación de las superficies del entronque (2) Tepuxtepec

### II.2.4.8.1.c Entronque (3) Narro

La proyección del entronque Narro es nueva, y es una petición social de los habitantes del poblado de Santo Domingo Narro, para tener acceso a la carretera y evitar recorridos tan largos sobre las terracerías existentes para llegar a las carreteras pavimentadas que conectan con los centros poblaciones con mayor desarrollo económico, como Mitla o Santo Domingo Tehuantepec.

Este entronque se ubica en el km 126+645 del eje troncal, en el cruce con una terracería existente, que se aprovechara para la construcción de uno de los 5 ejes, que constituyen el entronque, los cuales, suman una longitud de 2.43 km y ocupan una superficie de obras permanentes de 2.83 ha.

Tabla II.45 Ejes que conforman el entronque 3

ENTRONQUE (3) NARRO	CADENAMIENTO INICIAL	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD DEL EJE
Eje 1	1+000	2+104.919	1104.92 m
Eje 10	10+000	10+371.227	371.23 m
Eje 20-3	20+000	20+418.962	418.96 m
Eje 30	30+000	30+294.643	294.64 m
Eje 40	39+936.561	40+176.163	239.60 m



ENTRONQUE (3) NARRO	CADENAMIENTO INICIAL	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD DEL EJE
Eje 1	Puente Dimensiones: 16.49 x 28.85 Sup. puente: 475.93 m <sup>2</sup>	subtotal	2429.35 m
			2.43 km

En el eje 1 de este entronque, se tiene proyectada una estructura tipo puente, que permitirá elevar la rasante del eje 1 para que cruce la carretera; la superficie de esta estructura está contemplada dentro de lo indicado para obras permanentes, y las afectaciones por su construcción dentro de lo presentado en la superficie de afectación del eje troncal.

Al final del eje 1, también se tiene proyectada la construcción del Parador Integral Narro, los detalles de su ubicación se describen en el apartado II.2.4.8.6.

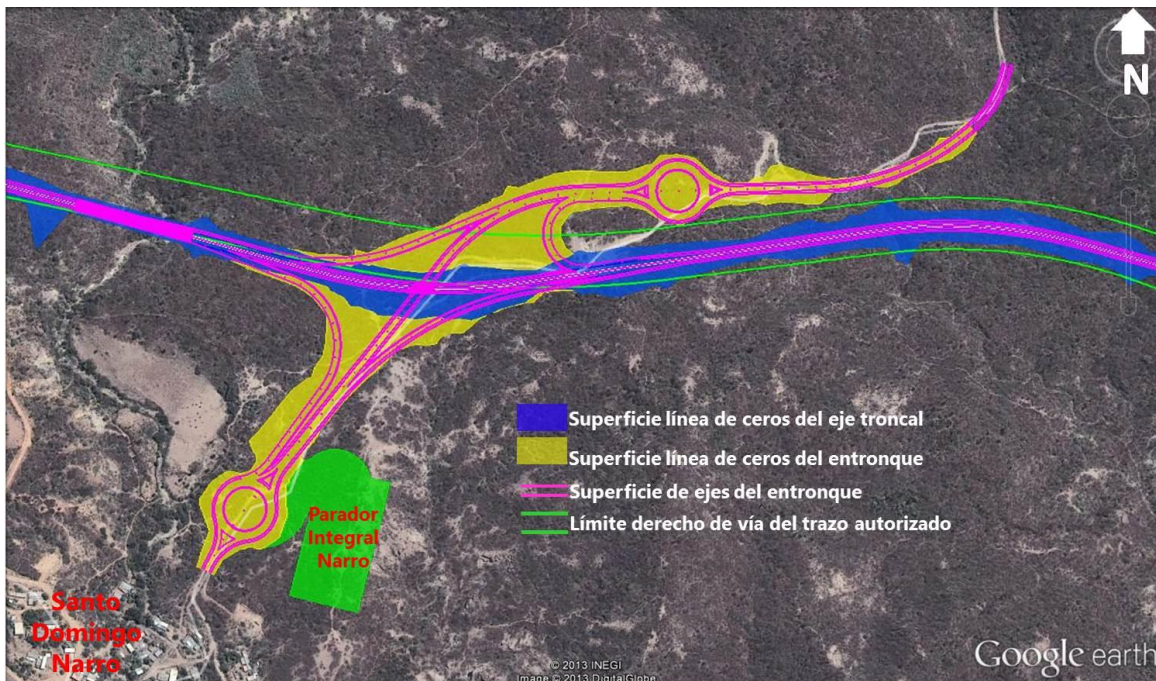


Imagen II.75

Google Earth 2013. Representación de las superficies del entronque (3) Narro

### SUPERFICIES DEL ENTRONQUE (3) NARRO

Superficie de obras permanentes: 2.83 ha, donde se construirán terracerías y pavimentación de los ejes.

Superficie de afectación para la construcción del entronque (polígonos color amarillo Imagen II.75): 5.88 ha, de las cuales:

- Selva baja caducifolia secundaria arbustiva 5.28 ha
- Camino 0.47 ha
- Vegetación ruderal-arvense 0.12 ha

#### II.2.4.8.1.d Entronque (4) Lachixila

Este entronque, es solicitud de las comunidades de San Juan Lachixila, Agua Blanca, San Sebastián Jilotepec y Santa María Nizaviguiti, quienes pidieron que se les diera acceso a la autopista en el km 148+118 del eje troncal. El diseño de este entronque incluye la proyección de 4 ejes, que suman una longitud de 2.11 km y una superficie de obras permanentes de 1.52 ha.

Tabla II.46 Ejes que conforman el entronque 4

Entronque( 4) Lachixila	Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	Longitud del eje
Eje 1	1+000	2+255.267	1255.27 m
Eje 10	10+000	10+269.860	269.86 m
Eje 20	20+000	20+190.087	190.09 m
Eje 30	30+000	30+396.193	396.19 m

Eje 1	Puente Dimensiones: 28.57 x 10.80 Sup. puente: 308.82 m <sup>2</sup>	subtotal	2111.41 m
			2.11 km

En el eje 1 de este entronque, se tiene proyectada una estructura tipo puente, que permitirá elevar la rasante del eje 1 para que cruce la carretera; la superficie de esta estructura está contemplada dentro de lo indicado para obras permanentes, y las afectaciones por su construcción dentro de lo presentado en la superficie de afectación del eje troncal.

#### SUPERFICIES DEL ENTRONQUE (4) LACHIXILA

Superficie de obras permanentes: 1.52 ha, donde se construirán terracerías y pavimentación de los ejes.

Superficie de afectación para la construcción del entronque (polígonos color amarillo Imagen II.76): 5.09 ha, de las cuales:

- Selva baja caducifolia primaria 5.02 ha
- Vegetación riparia 0.07 ha

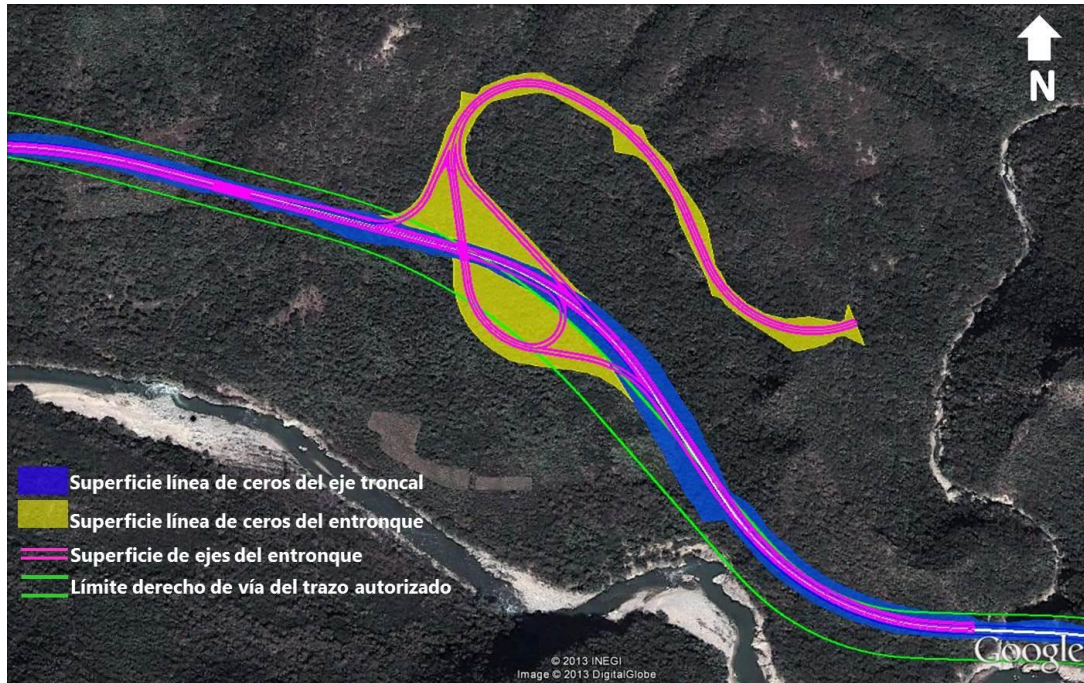


Imagen II.76

Google Earth 2013. Representación de las superficies del entronque (4) Lachixila

#### II.2.4.8.1.e Entronque (5) Totolapilla

Este entronque es una petición social de la comunidad de Santa María Totolapilla, la cual, argumenta que requieren en el km 160+821 el acceso a la autopista, porque tienen conflictos agrarios con los pobladores de San Pedro Jilotepec, San Juan Lachixila y Santiago Lachiguiri, quienes no les permiten transitar por las diferentes brechas para salir a la carretera federal.

El diseño de este entronque incluye la construcción de 4 ejes, que suman una longitud de 1.60 km y una superficie de obras permanentes de 1.05 ha.

En el eje 1 de este entronque, se tiene proyectada una estructura tipo puente, que permitirá elevar la rasante del eje 1 para que cruce la carretera; la superficie de esta estructura está contemplada dentro de lo indicado para obras permanentes, y las afectaciones por su construcción dentro de lo presentado en la superficie de afectación del eje troncal.



Tabla II.47 Ejes que conforman el entronque 5

Entronque (5) Totolapilla	Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	Longitud del eje
Eje 1	1+000	1+764.44	764.44 m
Eje 10	10+000	10+516.682	516.68 m
Eje 20	20+000	20+264.118	264.12 m
Eje 30	30+000	30+056.947	56.95 m

Eje 1	Puente Dimensiones: 43.80 x 14.04 Sup. puente: 615.33 m <sup>2</sup>	subtotal	1602.19 m
			1.60 km

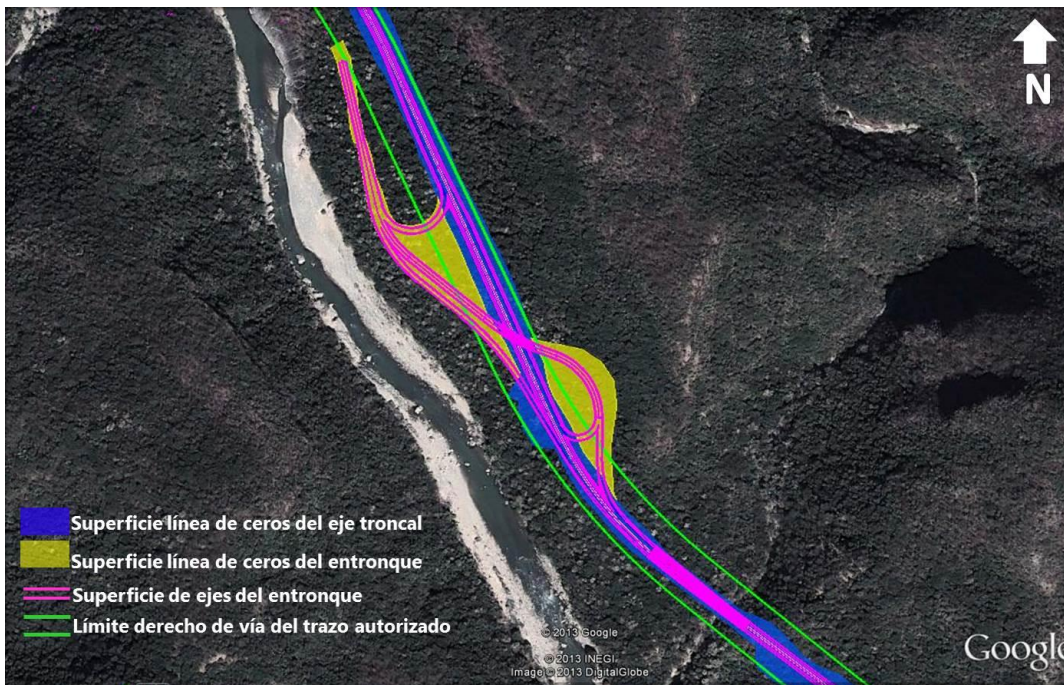


Imagen II.77 Google Earth 2013. Representación de las superficies del entronque (5) Totolapilla

### SUPERFICIES DEL ENTRONQUE (5) TOTOLAPILLA

Superficie de obras permanentes: 1.05 ha, donde se construirán terracerías y pavimentación de los ejes.



Superficie de afectación para la construcción del entronque (polígonos color amarillo Imagen II.77):  
2.11 ha, de selva baja caducifolia primaria.

#### II.2.4.8.2 Pasos inferiores vehiculares

Se tiene proyectada la construcción de 9 pasos inferiores vehiculares:

Tabla II.48 Listado de PIV's

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	CADENAMIENTO	SUP. PROYECTO (ha)	SUP. AFECTACIÓN (ha)
PIV1	92+445	2607.92	DLC ET
PIV2	92+950	1336.19	DLC ET
PIV3	98+422	53.40	DLC ET
PIV3A	101+242	50.12	DLC ET
PIV4	101+679	459.84	DLC ET
PIV5	102+570	657.07	0.18
PIV6	103+720	71.32	DLC ET
PIV8	105+700	56.50	DLC ET
PIV9	119+250	211.41	0.17

TOTAL	0.55 ha	0.35 ha
-------	---------	---------

DLC ET: Indica que la superficie de afectación para este tipo de infraestructura se encuentra dentro de la contabilizada para la línea de ceros del eje troncal.

NOTA: La superficie de afectación es menor debido a que para 7 PIV's la superficie de afectación está considerada dentro de la línea de ceros del eje troncal.

### II.2.4.8.3 Pasos superiores vehiculares

Tabla II.49 Listado de PSV

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	CADENAMIENTO	DIMENSIONES (m)	SUP. PROYECTO (ha)	SUP. AFECTACIÓN (ha)
PSV1	81+340	L= 6.00 x 5.00	0.003	DLC ET
PSV2	82+080	C= 6.00 x 5.00	0.003	DLC ET
PSV3	83+300	L= 6.00 x 5.00	0.003	DLC ET
PSV4	83+892	L= 6.00 x 5.00	0.003	DLC ET

TOTAL 0.01 ha

DLC ET: Indica que la superficie de afectación para este tipo de infraestructura se encuentra dentro de la contabilizada para la línea de ceros del eje troncal.

L: Losa

C: Cajón

### II.2.4.8.4 Pasos superiores peatonales y ganaderos

Tabla II.50 Listado de PSPyG

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	CADENAMIENTO	SUP. PROYECTO (ha)	SUP. AFECTACIÓN (ha)
PSPyG 1	115+750	417.12	DLC ET
PSPyG 2	116+570	424.29	DLC ET
PSPyG 3	123+620	1082.96	DLC ET
PSPyG 5	124+730	632.87	DLC ET
PSP 4	125+420	653.40	DLC ET

TOTAL 0.32 ha

DLC ET: Indica que la superficie de afectación para este tipo de infraestructura se encuentra dentro de la contabilizada para la línea de ceros del eje troncal.

### II.2.4.8.5 Rampas de frenado de emergencia

Son franjas auxiliares que van conectadas al arroyo vial (franja destinada a la circulación de los vehículos delimitada por los acotamientos) de la carretera, acondicionadas para disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas, principalmente en sus sistemas de frenos, desacelerándolos en forma controlada y segura, mediante el uso de materiales granulares sueltos y aprovechando, en su caso, la acción de la gravedad. Estarán formadas por un acceso, una cama de frenado y un camino de servicio.

Su construcción y diseño se establece en la norma N-PRY-CAR-10-04-007/13 de la S.C.T., la cual, define las partes que la conforman (un acceso, una cama de frenado y un camino de servicio).

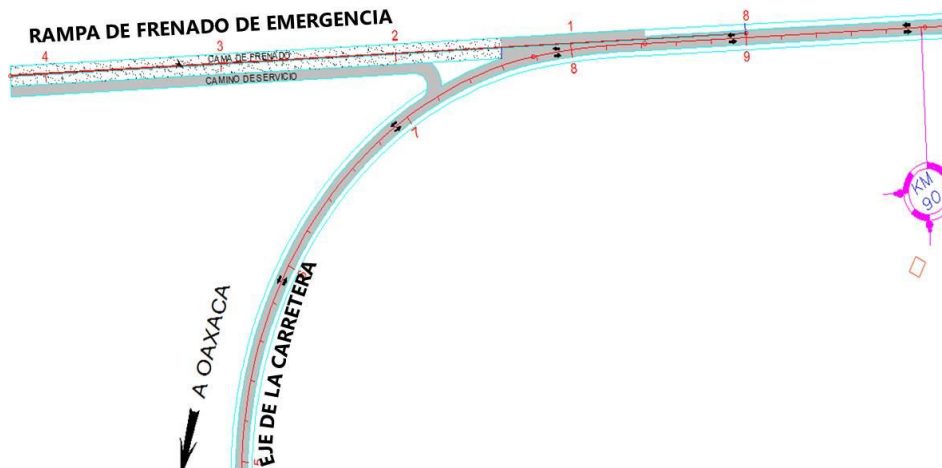


Imagen II.78 Rampa de frenado de emergencia. Sección en planta

El trazo del tramo 2 tiene contemplada la construcción de 4 rampas de frenado de emergencia:

Tabla II.51 Listado de rampas

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	CAD. DE LA RAMPA EN EL EJE TRONCAL	CAD. DEL EJE DE LA RAMPA	LONG. (km)	SUP. PROYECTO (ha)	SUP. AFECTACIÓN (ha)
Rampa No. 1	km 81+200	181+000 - 181+400	0.4	0.67	1.23
Rampa No. 2	km 90+000	900+000 - 900+420	0.42	0.38	1.06
Rampa No. 3	km 115+200	915+000 - 915+400	0.4	0.28	0.70
Rampa No. 4	km 125+000	925+000 - 925+330	0.33	0.56	1.07

TOTAL	1.55 km	1.89 ha	4.06 ha
-------	---------	---------	---------

#### II.2.4.8.6 Paraderos

Se clasifican como instalaciones y construcciones adyacentes al derecho de vía. Para el caso de Parador Integral Narro, estará colocado fuera del derecho de vía, en él se prestarán servicios de alimentación, servicios sanitarios, servicios a vehículos y comunicaciones.

Tabla II.52 Listado de paraderos

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	CADENAMIENTO	SUP. PROYECTO (ha)		SUP. AFECTACIÓN (ha)
		LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO	
Paradero No. 1	Km 106+360	0.04	0.04	0.07
Paradero No. 2	Km 116+900	0.04	0.04	0.03
Paradero No. 3	Km 123+680	0.04	0.04	0.02
Paradero No.4	Km 526+460	0.04	0.04	0.05
Parador Integral Narro	Km 1+120 del Eje 1 del entronque (3) Narro	1.20		1.57
TOTAL		1.54 ha		1.74 ha

#### II.2.4.8.7 Mirador Acatlancito

Tabla II.53 Mirador Acatlancito

INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	CADENAMIENTO	SUP. PROYECTO (ha)	SUP. AFECTACIÓN (ha)
Mirador Acatlancito	125+440	0.42 ha	0.27 ha



Imagen II.79



Recorte de plano de planta del trazo del "Mirador Acatlancito"

#### II.2.4.9 Comparativa de estructuras en el tramo 2

En la siguiente tabla se presentan las estructuras que contemplaba el tramo 2 del proyecto autorizado y se compararon en su ubicación con las estructuras del proyecto modificado. Las filas resaltadas en color azul indican que la estructura se mantiene, aunque presentan cambios tanto de cadenamiento

como a nivel técnico en sus dimensiones o diseño, razón por la cual, se presentan en el total de estructuras a evaluar en esta MIA-R.

ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO AUTORIZADO)	ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO DE MODIFICACIÓN)
km 74+120 ENTRONQUE SANTA MA. ALBARRADAS	km 73+200 ENTRONQUE STA. MA. ALBARRADAS
km 77+260 PUENTE	
	km 77+807 VIADUCTO EL MAGUEYAL (V1) [ESTRUCTURA NUEVA]
km 80+820 PUENTE [SE MANTIENE]	km 80+850 VIADUCTO EL OCOTAL (V2)
	km 81+200 RANPA (R1)
	km 81+340 PSV1
km 81+790 PIV (1V)	
	km 82+080 PSV2
	km 83+300 PSV3
	km 83+892 PSV4
km 87+260 PUENTE [SE MANTIENE]	km 87+377 VIADUCTO LOMA LARGA (V3)
km 87+580 PUENTE [SE MANTIENE]	km 87+763 VIADUCTO TEPUXTEPEC I (V4)
km 87+750 - km 87+960 TUNEL	
	km 88+138 VIADUCTO TEPUXTEPEC II (V5) [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 88+546 VIADUCTO TEPUXTEPEC III (V6) [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 88+834 VIADUCTO TEPUXTEPEC IV (V7) [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 90+000 RANPA (R2)
	km 90+572 ENTRONQUE TEPUXTEPEC (ENT2) [ESTRUCTURA NUEVA**]
<b>INICIA CAMBIO DE RUTA</b>	
km 91+200 ENTRONQUE TIERRA BLANCA [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA**]	km 92+445 PIV1 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 91+330 - km 91+640 TUNEL [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 92+950 PIV2 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 93+150 - km 93+420 TUNEL [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 97+622 PUENTE P1 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 93+800 - km 93+890 TUNEL [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 97+850 PUENTE P2 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 94+085 PUENTE [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 98+422 PIV3 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 94+860 PI MA [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 99+082 PUENTE P3 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 97+680 PIV (2V) [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 101+242 PIV3A [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]

ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO AUTORIZADO)	ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO DE MODIFICACIÓN)
km 98+510 PIV (2V) [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 101+679 PIV4 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 99+320 PIV(2V) [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	km 101+836 PUENTE P4 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
	km 101+903 - km 102+050 TUNEL 1 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
	km 102+210 PUENTE P5 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
	km 102+570 PIV5 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
	km 103+246 PUENTE P6 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
	km 103+720 PIV6 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]
km 103+140 PUENTE [se mantiene 700m aguas arriba sobre el mismo cauce]	km 103+925 PUENTE P7
<b>TERMINA CAMBIO DE RUTA</b>	
	km 106+360 PARADERO 1
	km 105+574 PUENTE P8 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 105+700 PIV8 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 108+635.65 PUENTE P10 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 108+689 PUENTE P9 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 108+125 - km 108+205 TUNEL	
km 108+290 PUENTE [SE MANTIENE]	km 109+709 PUENTE P11
km 108+820 PUENTE [SE MANTIENE]	km 110+239 PUENTE P12
km 109+095 PUENTE	
	km 111+000 PUENTE P13 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 109+740 - km 109+832 TUNEL	
km 110+080 PUENTE [SE MANTIENE]	km 111+546 PUENTE P14
km 110+270 - km 110+410 TUNEL	
km 110+530 PUENTE [SE MANTIENE]	km 111+945 PUENTE P15
km 110+650 PUENTE	
km 110+735 - km 110+385 TUNEL	
km 112+085 - km 112+385 TUNEL	
	km 115+177 VIADUCTO (V8) [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 115+200 RAMPa (R3)
	km 115+750 PSPG 1 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 116+570 PSPG 2 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 116+900 PARADERO 2



ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO AUTORIZADO)	ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO DE MODIFICACIÓN)
	km 117+800 VIADUCTO V9 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 119+250 PIV9 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 119+820 PUENTE P16 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 120+100 PUENTE P17 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 120+650 PUENTE P18 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 120+858 PUENTE P19 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 121+000 - km 121+170 TUNEL	
	km 123+620 PSPG 3 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 123+680 PARADERO 3
km 122+895 PUENTE [SE MANTIENE]	km 124+306 PUENTE P20
	124+730 PSPyG 5
	km 125+000 RAMPa (R4)
	km 125+420 PSP4 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 125+440 MIRADOR ACATLANCITO
km 124+320 PUENTE [SE MANTIENE]	km 125+660 PUENTE ACATLANCITO P54
km 124+920 PUENTE [SE MANTIENE]	km 126+320 PUENTE P21
	km 1+120 PARADOR INTEGRAL NARRO EJE 1 ENTRONQUE NARRO
	km 126+645 ENTRONQUE3 NARRO [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 526+460 PARADERO 4
km 126+577 PUENTE	km 526+640 PUENTE P22
	130+865 PUENTE 23 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 131+320 PUENTE P24 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 132+120 PUENTE P25 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 132+440 PUENTE P26 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 132+840 PUENTE P27 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 133+300 PUENTE P28 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 133+650 VIADUCTO 11
km 133+610 PUENTE [SE MANTIENE]	km 134+080 PUENTE P29
km 134+220 PSPyG	
	km 134+760 PUENTE P30 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 135+330 PUENTE P31 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 135+420 PUENTE P32 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 135+620 PSPyG	
	km 136+420 PUENTE P33 [ESTRUCTURA NUEVA]

<b>ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO AUTORIZADO)</b>	<b>ESTRUCTURAS PARA EL TRAMO 2 (PROYECTO DE MODIFICACIÓN)</b>
km 137+780 PUENTE [SE MANTIENE]	km 138+170 PUENTE P34
	km 138+970 PUENTE P35 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 139+020 PUENTE [SE MANTIENE]	km 139+460 PUENTE P36
km 139+190 – km 139+350 TUNEL	
km 140+440 PUENTE [SE MANTIENE]	km 140+980 PUENTE P37
km 141+320 PUENTE [SE MANTIENE]	km 141+630 PUENTE P38
	km 141+860 VIADUCTO 10 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 141+420 - km 141+540 TUNEL [SE MANTIENE]	km 141+949 – km 142+059 TUNEL 2
km 141+840 PUENTE	km 142+380 PUENTE P39
	km 142+840 PUENTE P40 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 143+200 PUENTE P41 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 143+830 PUENTE P42 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 143+613 - km 143+760 TUNEL [SE MANTIENE]	km 544+177 - 544+379 TUNEL 3
	km 545+340 PUENTE P44 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 145+208 PUENTE	km 545+820 PUENTE P45
	km 546+280 PUENTE P43 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 146+400 PSpYg	
km 147+240 PS MyA	
	km 147+800 PUENTE P46 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 147+740 PS MyA	
	148+118 ENTRONQUE LACHIXILA [ESTRUCTURA NUEVA]
km 148+400 PUENTE	km 149+040 PUENTE P47
	km 152+060 PUENTE P48 [ESTRUCTURA NUEVA]
km 152+200 PUENTE	km 152+840 PUENTE P49
km 152+560 PUENTE	
	km 154+300 PUENTE P50 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 158+650 PUENTE P51 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 158+820 PUENTE P52 [ESTRUCTURA NUEVA]
	km 160+821 ENTRONQUE TOTOLAPILLA
km 160+400 PUENTE	km 161+200 PUENTE P53 AGUASCALIENTES
km 163+520 PUENTE	

## II.2.5 Operación y mantenimiento

### II.2.5.1 Operación

La operación de la carretera Mitla – Tehuantepec, será continua a partir de la apertura al tránsito vehicular, se estima un tránsito (DPA) de 3,000 vehículos. La velocidad de proyecto estimada es de 90-110 km/h.

### II.2.5.2 Mantenimiento

El mantenimiento de las carreteras está regulado por la Normativa para la Infraestructura del Transporte, en su apartado de conservación, el cual, se divide en:

- Trabajos de conservación rutinaria
- Trabajos de conservación periódica
- Trabajos de reconstrucción

#### II.2.5.2.1 Trabajos de conservación rutinaria

En las obras de drenaje y subdrenaje, la conservación rutinaria consiste en trabajos de limpieza de cunetas y contracunetas, alcantarillas, lavaderos, etc., con el objetivo de retirar el azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica.

En el pavimento los trabajos de conservación rutinaria son:

- La limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos (N.CSV.CAR.2.02.001/00), mediante actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar objetos sólidos, materiales pulverulentos, sustancias líquidas y semilíquidas que afecten la comodidad y seguridad del usuario. La limpieza puede efectuarse de manera general sobre el pavimento o local cuando ésta sea motivada por accidentes o derrumbes, entre otros.
- Sellado de grietas aisladas en carpetas asfálticas (N.CSV.CAR.2.02.002/00), consiste en el conjunto de actividades necesarias para sellar grietas de hasta 1 cm de abertura, que se manifiesten en forma aislada en carpetas asfálticas, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando así la consecuente pérdida de resistencia, degradación o deterioro.
- Bacheo superficial aislado (N.CSV.CAR.2.02.003/00), se realiza para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados, en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando la base del pavimento se encuentra en condiciones estables y sin exceso de agua. Se considera bacheo aislado cuando las áreas afectadas tengan una extensión menor de 100 m<sup>2</sup>, por cada 7000 m<sup>2</sup> de pavimento.
- Bacheo profundo aislado (N.CSV.CAR.2.02.004/03), se realiza para reponer una porción de pavimento asfáltico que presenta daños como deformaciones y oquedades por desprendimiento o

desintegración, en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando las capas subyacentes del pavimento se encuentran en condiciones inestables o con exceso de agua. Se considera bacheo aislado cuando las áreas afectadas tengan una extensión menor de 100 m<sup>2</sup>, por cada 7000 m<sup>2</sup> de pavimento.

- Sellado de grietas y juntas en losas de concreto hidráulico (N.CSV.CAR.2.02.005/02), se realiza para sellar las grietas y juntas en carpetas de concreto hidráulico, con el propósito de evitar la entrada de cuerpos extraños entre las losas, así como de prevenir la infiltración del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando su consecuente pérdida de resistencia, así como la degradación o deterioro de dicha estructura o de la grieta o junta en sí, debido a la concentración de esfuerzos.

En los puentes los trabajos de conservación rutinaria son la limpieza de juntas de dilatación, parapetos, banquetas y camellones, drenes, estribos, pilas, columnas, aleros, etc.

- En las juntas de dilatación (N.CSV.CAR.2.03.001/01), se realizan actividades de limpieza para retirar suelos, vegetación, basura y todo material que se acumule, con el propósito de evitar que se genere esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras.
- En los parapetos, banquetas y camellones (N.CSV.CAR.2.03.002/01), también se limpian y se retira todo tipo de material que se acumule.
- La limpieza de drenes (N.CSV.CAR.2.03.003/01), es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica para evitar encharcamientos en la superficie de rodadura del puente, así como la formación de humedades que provoquen el deterioro de los elementos de la superestructura.
- La limpieza de estribos, pilas, columnas y aleros (N.CSV.CAR.2.03.004/01), se realiza para retirar vegetación, fragmentos de roca y todo material que se acumule en los estribos, pilas, columnas y aleros de puentes y estructuras similares. La limpieza de pilas y estribos incluye el cuerpo de estos elementos, las coronas y los dispositivos de apoyo.

En los túneles los trabajos de conservación rutinaria son:

- Impermeabilización de revestimientos (N.CSV.CAR.2.04.004101), mediante el conjunto de operaciones que se realizan para obturar las porosidades y fisuras que se presentan en el revestimiento de un túnel, por defectos de colado o de consolidación del concreto hidráulico, por esfuerzos de tensión o en juntas frías, con el propósito de evitar las humedades perceptibles al tacto sin que se aprecie un escurrimiento, que se observan como manchas de diferente tonalidad, debidas a la presencia de agua en los poros del revestimiento, así como filtraciones ligeras con apariencia brillante en la superficie y escurrimiento apenas perceptible, que se producen por el flujo de agua del subsuelo hacia el interior del túnel.
- Limpieza de paredes y bóvedas (N.CSV.CAR.2.04.002/01), se realiza para retirar el hollín, grasa, polvo, materia vegetal y todo material que se acumule en las paredes y bóvedas de un túnel, con el

propósito de mantenerlas limpias o para preparar sus superficies para recibir algún tipo de recubrimiento.

Para el señalamiento y dispositivos de seguridad, los trabajos de conservación rutinaria se basan en:

- Reposición de marcas en el pavimento (N.CSV.CAR.2.05.001/01), se realiza para reponer las marcas del señalamiento horizontal sobre el pavimento, con el propósito de mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos o letras, que se aplican con pintura convencional o termoplástica, o bien pueden estar formadas por materiales plásticos preformados, adheridos a la superficie de pavimento utilizando adhesivos.
- Reposición de marcas en guarniciones (N.CSV.CAR.2.05.002/01), se delinean pintando tanto su cara vertical como la horizontal, utilizando normalmente pintura convencional.
- Reposición de marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura (N.CSV.CAR.2.05.003/01)
- Limpieza de vialetas y botones (N.CSV.CAR.2.05.004/01)
- Limpieza de señales verticales (N.CSV.CAR.2.05.005/01)

### II.2.5.2.2 Trabajos de conservación periódica

En las obras de drenaje y subdrenaje, la conservación periódica se basa en actividades de reparación de los sistemas hidráulicos mediante:

- Reparación de cunetas y contracunetas (N.CSV.CAR.3.01.001/02), se realiza para reparar deterioros como grietas, oquedades, socavaciones, ondulaciones por dilatación, erosión de la superficie del zampeado, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de operación de estos elementos de drenaje.
- Reparación de Alcantarillas (N. CSV.CAR.3.01.003/02), se realiza para reparar deterioros como grietas, oquedades, socavaciones en el fondo del cauce y erosión de la superficie de zampeado, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de operación de estos elementos de drenaje.
- Reparación de Lavaderos (N. CSV.CAR.3.01.005/02), se realiza para reparar deterioros como grietas, oquedades y socavaciones, tanto en la plantilla o apoyos de los lavaderos, como en los taludes de los terraplenes, con el propósito de restituir las condiciones originales de operación de estos elementos de drenaje.
- Reposición de Bordillos y Reparación de Guarniciones (N. CSV.CAR.3.01.006/02), mediante el conjunto de actividades que se realizan para remplazar los bordillos, cuando esté plenamente justificada su permanencia mediante la evaluación previa, así como para reparar las guarniciones, con el propósito de restituir las condiciones originales estos elementos.

Para el pavimento los trabajos de conservación periódica serán el recorte de carpetas asfálticas como preparación para la renovación parcial de la estructura del pavimento y en su caso, la colocación de una nueva capa de rodadura:

- Recorte de carpetas asfálticas (N.CSV.CAR.3.02.007/10), mediante la remoción de la carpeta asfáltica por medios mecánicos, a la profundidad, ancho y sección requeridos, a fin de reponer parcialmente la estructura del pavimento y en su caso, la capa de rodadura.
- Recuperación en caliente de carpetas asfálticas (N.CSV.CAR.3.02.008/03), se realiza para desintegrar superficialmente la carpeta asfáltica por medios mecánicos y con aplicación de calor; remezclar el material recuperado con o sin la adición en el lugar de materiales pétreos nuevos, materiales asfálticos, cal, cemento portland u otros; tender y compactar el material recuperado para formar una nueva carpeta o una base asfáltica.

En los puentes los trabajos de conservación periódica, son:

- Calafateo de Fisuras (N.CSV.CAR.3.03.001/02), mediante actividades necesarias para sellar fisuras de hasta 0,3 milímetros de anchura, que se presenten en los elementos estructurales de concreto reforzado, mediante mortero con cemento Pórtland o productos especiales para el sellado, con el propósito de prevenir el contacto del agua con el acero de refuerzo, evitando así su degradación o deterioro.
- Reparación de Grietas (N.CSV.CAR.3.03.002/02), mediante actividades necesarias para reparar grietas de cero coma tres (0,3) milímetros de anchura, que se presenten en los elementos estructurales de concreto reforzado de puentes y estructuras, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichos elementos, evitando así su degradación o deterioro.
- Reparación y Resanes en Elementos de Concreto (N.CSV.CAR.3.03.003/02), se realiza para restituir secciones de elementos de estructuras de concreto hidráulico, deteriorados ya sea por impactos, corrosión del refuerzo, colocación deficiente del concreto o degradación del concreto por carbonatación o por reacción álcali-sílice, entre otros. La restitución se puede hacer mediante resanes superficiales del recubrimiento o reparaciones de la sección completa.
- Reposición del Sello en Juntas de Dilatación (N.CSV.CAR.3.03.004/02), mediante actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes y estructuras, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez que se permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.
- Reparación de Parapetos y Banquetas (N.CSV.CAR.3.03.005/02), se realiza para reponer o rehabilitar parcialmente un parapeto o una banqueta que presenten deterioros o daños, provocados por impactos o corrosión de los elementos metálicos, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

En los túneles los trabajos de conservación periódica, son:



- Relleno de Oquedades (N.CSV.CAR.3.04.001/02), mediante la colocación de un material aglutinante entre el revestimiento de la cavidad subterránea y el terreno natural, mediante inyecciones de contacto o colado en el sitio, con el objeto de llenar oquedades para evitar el aflojamiento del terreno o concentraciones de cargas desfavorables para el revestimiento, o bien para el control de filtraciones.
- Reposición de Drenes Longitudinales (N.CSV.CAR.3.04.002/02), mediante la sustitución de tramos de tubo, con el propósito de restituir las condiciones originales de operación de los drenes longitudinales de un túnel carretero.

En el señalamiento las actividades de conservación periódica se basan en actividades de reposición de las señales que han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

### II.2.5.2.3 Trabajos de reconstrucción

Para las obras de drenaje y subdrenaje, los trabajos de reconstrucción se basan en reparaciones mayores de las estructuras. En los pavimentos, las actividades de reconstrucción se ejecutan mediante el retiro de la carpeta, base y subbase por medios mecánicos, a fin de sustituirlas por otras nuevas. En los puentes, los trabajos de reconstrucción se realizan en la carpeta asfáltica, la cual, se remueve, para construir una nueva superficie de rodadura, otra de las actividades es la reposición de juntas de dilatación, con el propósito de restituir sus condiciones originales de operación.

En los túneles, se realiza la reparación del sistema de iluminación (N.CSV.CAR.4.04.001/02), para reparar o sustituir componentes del sistema de iluminación de un túnel carretero, como interruptores de servicio, tableros, conductores, canalizaciones, conectores, plantas de emergencia y accesorios, con el propósito de restituir o mejorar las condiciones de operación de estos elementos y por consiguiente la iluminación del túnel. También se realiza la reparación del sistema de ventilación (N.CSV.CAR.4.04.002/02), para reparar o sustituir componentes del sistema de ventilación, con el propósito de restituir o mejorar las condiciones de operación de estos elementos y por consiguiente la ventilación del túnel.

En el señalamiento y dispositivos de seguridad, se realiza la reposición total de vialetas y botones (N.CSV.CAR.4.05.001/02) y la reposición total de señalamiento vertical (N.CSV.CAR.4.05.002/02), para reponer las señales que han perdido su capacidad de retrorreflexión o han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. También se realiza la reposición total de defensas (N.CSV.CAR.4.05.003/02), para reponer las que presenten deterioros o daños provocados por impactos o corrosión, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

## II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Consistirá en el cierre y retiro de las obras provisionales y asociadas del proyecto [caminos de acceso, bancos de tiro, bancos de préstamo, bodegas, talleres, oficinas, etc.], donde los sitios empleados deben ser abandonados en condiciones similares a las encontradas.

El contratista deberá hacer una demolición total de cualquier construcción y trasladarlos a un lugar de disposición final de materiales excedentes, señalados por el supervisor. El área utilizada debe quedar totalmente limpia de basura, papeles, trozos de madera, etc. Una vez desmantelada las instalaciones, se procederá a escarificar el suelo, y readecuarlo a la morfología existente del área, en lo posible a su estado inicial, pudiendo para ello utilizar la vegetación y materia orgánica reservada del desmonte y despálme.

## II.2.7 Residuos

Al ejecutar la etapa de preparación y construcción del proyecto se generarán residuos peligrosos, no peligrosos y de manejo especial, que de acuerdo a lo establecido en los artículos 18, 19 fracción VII, 20 y 21 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.

### ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

#### *Desmonte*

##### *Residuos Sólidos – Orgánicos - No Peligrosos*

Durante el desmonte del terreno se generarán residuos sólidos de tipo vegetal y orgánico (*ramas, troncos, hojarasca*). El procedimiento para reutilizar los componentes del árbol una vez derribado es recolectar la hojarasca, reducir el tamaño de las ramas y troncos, colocar en un sitio en el derecho de vía y que no vaya a tener movimiento de tierra para proceder a realizar una composta o almacenar y confinar para reutilizarlo en la rehabilitación o disponer en las áreas inertes cercanas al área de línea de ceros, con lo que se obtiene el mejor desarrollo del suelo fértil y así activar el desarrollo de la vegetación.

#### *Despálme*

##### *Residuo Sólido – Orgánico - No Peligrosos*

Para el despálme, que consiste en las actividades de desbroce y el retiro del suelo vegetal, se generan residuos no peligrosos (suelo orgánico), el cual, se procederá a almacenar y confinarlo en un sitio cercano a las áreas de rehabilitación.

### ***Campamento***

El personal que laborara en la ejecución de la obra generara los siguientes residuos:

#### *Residuos Sólidos – Orgánicos – No Peligrosos*

- Restos de alimentos en general
- Papeles y cartones

#### *Residuos Sólidos – Inorgánicos – No peligros*

- Vidrios
- Plásticos y Latas
- Unicel

#### *Residuos Líquidos – Orgánicos*

Agua Residual: Para cubrir las necesidades fisiológicas de las personas que laboran en la obra será necesario instalar servicios sanitarios portátiles con fosa anaeróbica. Las descargas de los Servicios Sanitarios tendrán que realizarse donde las autoridades municipales lo autoricen.

### ***Maquinaria***

Para llevar a cabo las actividades correspondientes a la construcción en general es necesario utilizar maquinaria, equipos y vehículos que producirán principalmente:

#### *Emisiones a la atmósfera*

- Partículas (PTS)
- Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Hidrocarburos(HC's)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Metales (Plomo)
- Olores

Para el control de emisiones se necesitarán afinaciones y que se verifiquen las unidades por lo menos cada seis meses.

#### *Residuos Sólidos – Peligrosos*

- 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

Todos estos residuos se colocarán en contenedores con tapa y bajo techo y se procederá a entregar mediante el Manifiesto Generador de Residuos Peligrosos, a la empresa transportista y de disposición final; verificando que esta empresa cuente con las autorizaciones respectivas.

#### *Residuos Sólidos – No Peligrosos*

Neumáticos. Estos residuos deberán ser acopiados en cada una de las áreas del taller, para un posterior traslado y venta. En caso de no ser viable esta alternativa, serán dispuestos en rellenos sanitarios o tiraderos autorizados.

#### *Residuos Líquidos – Peligrosos*

Aceites Usados: Estos residuos deberán ser almacenados en contenedores que no permitan su contacto con el ambiente, al final de la construcción deberán ser entregados mediante manifiesto generador de residuos peligrosos a empresas encargadas de recolectarlos.

***El contratista debe tener en cuenta que todos los residuos sólidos y líquidos que por sus propiedades físicas, químicas y biológicas cuenten con las características de peligrosidad que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, deberán ser manejados de acuerdo a lo establecido en la Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos y su reglamento.***

## ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Durante esta etapa se generara una mayor cantidad de residuos, para analizar su generación es necesario, considerar las principales actividades que se realizan en esta etapa:

### ***Cortes y excavaciones***

#### *Residuos de manejo especial– No Peligrosos*

Material inerte (suelo, residuos de rocas): este tipo de material que se obtenga de la excavación y cortes, no se desperdiciara, puede utilizarse para nivelar el terreno en las zonas en donde se requiera construir terraplenes. El material producto de los cortes y excavaciones que no se utilice en los rellenos, deberá enviarse fuera del área de la obra, para ser destinados a los sitios que designen las autoridades competentes (bancos de tiro).

### ***Explotación de los Bancos de Materiales***

#### *Residuos Sólidos – Orgánicos – No peligrosos*

Durante el desarrollo de esta actividad, se tendrán que despallar y desmontar las superficies de estos sitios, generándose con ello, residuos como ramas de mayor y menor tamaño, hojarasca, troncos y suelo vegetal, estos residuos deben ser manejados de acuerdo a lo mencionado en la etapa de preparación del sitio.

Una vez extraído el material, este tiene que ser cribado por diferentes números de mallas para que pueda cumplir con las especificaciones de calidad requeridas por la normatividad, generando con ello, material geológico residual (residuos de manejo especial), el cual debe ser dispuesto en un sitio en donde no afecte a la vegetación y cuerpos de agua.

### ***Acarreos de Material Geológico***

Durante esta actividad los residuos generados principalmente, descargarán a la atmósfera en forma de:

- *Emisiones atmosféricas:* Los acarreos de material se llevan a cabo utilizando camiones de volteo, los cuales a su vez producto de la combustión interna durante su operación, producen emisiones de SO<sub>x</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC's, O<sub>3</sub>, metales y olores a la atmósfera.
- *Polvo:* La producción de polvo se generara durante el acarreo de los materiales. Este tipo de emisiones se pueden controlar en su totalidad, cubriendo las cargas con lonas que cubran totalmente el material geológico, para evitar este tipo de emisiones.

### ***Construcción de Obras Complementarias (Drenaje)***

#### *Residuos Sólidos – No peligrosos*

Pedazos de varilla de acero, trozos de madera, bolsas de plástico y papel, cartones, clavos y alambre, etc.: Estos residuos se tendrán que recolectar y seleccionar, separando los que se puedan reutilizar, y guardarlos bajo techo, para posteriormente entregarlos a empresas recicladoras. Los residuos que no se puedan reciclar, deberán ser dispuestos en lugares autorizados por la autoridad municipal correspondiente.

### ***Construcción de Terraplenes***

#### *Emisiones a la atmosfera*

Al construir los terraplenes se producirán emisiones de partículas de suelo en forma de polvo, por lo que se deberá humedecer el material de construcción de terraplenes para evitar la formación de grandes cantidades de polvo.

### ***Construcción de la Carpeta Asfáltica***

#### *Emisiones a la atmosfera*

Durante esta actividad se espera la producción de gases tóxicos producidos por los riegos de liga y las emulsiones empleadas en la construcción de la carpeta asfáltica.

### ***Señalamiento***

Durante la colocación del señalamiento, se generaran residuos de pintura y solventes principalmente, los cuales deben ser tratados como residuos peligrosos y ser entregados mediante manifiesto generador de residuos peligrosos a una empresa autorizada.

### ***Operación de Maquinaria y Equipo***

Para realizar todas las actividades de la etapa de construcción es necesario utilizar maquinaria y equipos, los cuales durante su uso y operación producen residuos sólidos y líquidos peligrosos y emisiones a la atmósfera.

#### *Residuos sólidos y líquidos peligrosos*

Los materiales y residuos peligrosos que se generen a lo largo de la construcción del pavimento, como lo serian materiales o contenedores impregnados de aceite, gasolina, aceites usados, grasa, así como cartones, mangueras, estopas manchadas por los mismos, se tendrán que colocar en contenedores con tapa y bajo techo, para posteriormente entregarlo mediante manifiesto generador de residuos peligrosos a una empresa autorizada, verificando que esta o estas empresas cuenten con las autorizaciones respectivas.

Deberá evitarse el derrame en el suelo, vertimiento en el drenaje o en cuerpos de agua presente en la zona, de residuos de grasas, aceites, solvente y sustancias peligrosas que se lleguen a generar en las



diferentes etapas de construcción de la obra. Estos residuos se deben manejar de acuerdo con la Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos y su reglamento.

#### *Emisiones a la atmósfera*

Las emisiones atmosféricas producidas serán PTS, Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Hidrocarburos, Ozono, Metales y Olores. Estas emisiones, si bien no pueden evitarse, si pueden reducirse, mediante un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.

### **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

En la operación se estudiaron los impactos que produce la circulación, tales como contaminación del aire, ruido, basura que arrojan a la carretera, accidentes, entre otros.

Para el mantenimiento se analizaron los trabajos que llevan a cabo como son: Bacheo, limpieza y desazolve de cunetas, riego de sello, chapeo, limpieza y reparación de señalamiento vertical, pintura de marcas de pavimento, etc.

Los materiales o agregados que se utilizarán para el mantenimiento se almacenarán y confinarán en sitios dentro del derecho de vía. De tener sobrantes como escombros o residuos no peligrosos tales como grava, arena, material de base, material de carpeta, material de sello, se procederá a reintegrarlo a la ampliación de terraplenes o en accesos.

El personal que laborará en el mantenimiento de la carretera, generará basura, residuos no peligrosos, por lo tanto, es necesaria la recolección en contenedores y proceder a clasificar los materiales reciclables, cartón, vidrio y plástico, para que se guarden en contenedores o bolsas de plástico, bajo techo para entregarla a empresas recicladoras.

El equipo de construcción para la conservación generará emisiones a la atmósfera de: PTS, bióxido de azufre, óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, para controlar las emisiones se necesitará emplear equipos afinados. Los materiales o contenedores impregnados de aceite así como cartones de grasa, mangueras y llantas se colocarán en los contenedores con tapa y bajo techo para entregar mediante manifiesto generador de residuos peligrosos a la empresa responsable.

## Contenido

CAPITULO III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES .....	3
Antecedentes del proyecto: .....	3
III. 1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Última Reforma Publicada DOF 10-02-2014.....	5
III.2. Cumplimiento de Leyes y Reglamentos de los Tres Niveles de Gobierno .....	6
III.2.1 Leyes Federales .....	6
III.2.1.1. Ley de Planeación (LP). Última Reforma Publicada DOF 09-04-2012 .....	6
III.2.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Última Reforma Publicada DOF 16-01-2014 .....	7
III.2.1.2.1 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Última Reforma Publicada DOF 26-04-2012, Fe de erratas DOF 27-04-2012 .....	8
III.2.1.4 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Última Reforma Publicada DOF 07-06-2013 .....	11
III.2.1.4.1 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Nuevo Reglamento DOF 24-02-2014 .....	12
III.2.1.5. Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH). Última Reforma Publicada DOF 24-01-2014 .....	13
III.2.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Última Reforma Publicada DOF 19-03-2014 .....	14
III.2.1.6.1 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación 30-11-2006 .....	16
III.2.1.7 Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Última Reforma Publicada DOF 19-03-2014 .....	17
III.2.1.7.1 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Última Reforma Publicada 09-05-2014 .....	18
III.2.1.8 Ley General de Cambio Climático. Publicación DOF 6jun2012 .....	19
III.2.1.9 Ley de Aguas Nacionales. Última Reforma Publicada DOF 07-06-2013 .....	21
III.2.1.9.1 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Última reforma publicada DOF 24-05-2011 .....	22
III.2.1.10 Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (LFMZAAH). Última Reforma Publicada en el DOF el 09 de abril de 2012 .....	23
III.2.10.1 Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Última Reforma Publicada en el DOF el 05 de enero de 1993 .....	24
III.2.2 Leyes supletorias .....	25
III.2.2.1 Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (LCPAF). Última Reforma Publicada DOF 16-12-2013 .....	25
III.2.2.2 Ley de Vías Generales de Comunicación (LVGC). Última Reforma Publicada DOF 09-04-2012 .....	26
III.2.3 Leyes y Reglamentos Estatales .....	27
III.2.3.1. Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca (LEEEO). Última Reforma Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca el 10-05-2008 .....	27

III.3 Vinculación con los programas de ordenamiento ecológico del territorio, áreas naturales protegidas u otras zonificaciones prioritarias para la conservación y regulación del uso del suelo .....	29
III.3.1 Fundamento Jurídico Administrativo del Ordenamiento Ecológico .....	29
III.3.2 Acuerdo del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Publicado en el DOF el viernes 07 de Septiembre de 2012.....	29
III.3.3 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Publicado en el DOF el viernes 07 de Septiembre de 2012 .....	29
III.3.2 Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) del Estado de Oaxaca .....	37
III.4 Áreas Naturales Protegidas' .....	37
III.5 Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) .....	38
III.6 Corredores Biológicos .....	40
III.7 Zonas Arqueológicas .....	43
III.8 Programas de Desarrollo Sustentable .....	43
III.8.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND). Publicado en Diario Oficial de la Federación el 20-mayo-2013.....	44
III.8.2 Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones (PIITC). 2013-2018 .....	45
III.8.4 Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (PNI). Publicado en SCT 19 de julio del 2007 .....	48
III.8.5 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012 (PSCT). Decreto por el que se aprueba DOF 18 Enero 2008 .....	51
III.8.6 Programa Carretero 2007-2012 (PC). 19 de julio de 2007 .....	52
III.9 Planes Estatales de Desarrollo .....	53
III.9.1 Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016 .....	53
III.9.2 Plan Regional de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016: Región Istmo.....	55
III.10 Normas Oficiales Mexicanas (NOM).....	58
III.10.1 Normas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) .....	58
III.10.2. Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) .....	61
III.10.2 Normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.....	63
III.10 Bibliografía del Capítulo III .....	66

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

Antecedentes del proyecto:

El **25 de agosto de 2003** mediante Oficio Número **105.201.656** de fecha **07 de julio del mismo año**, la Dirección General de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (**SCT**) presentó ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**) la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (**MIA-R**) del proyecto: “**Mitla - Tehuantepec**”, para su correspondiente evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental.

Con fecha **17 de octubre de 2003**, la Dirección General de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (**SCT**) recibió el Oficio Resolutivo Número **S.G.P.A./D.G.I.R.A./DEIA.0553.03** de fecha **15 de octubre de 2003**, formulado por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (**DGIRA**) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**), en el cual, con fundamento en lo que dictaminan las disposiciones legales aplicables al proyecto denominado: “**Mitla - Tehuantepec**”, la **DGIRA** en el ejercicio de sus atribuciones, “considera que los impactos ambientales reportados en la **MIA-R** y aquellos identificados durante el procedimiento de evaluación de impacto ambiental pueden ser prevenibles, mitigables y compensables cuando su carácter de residualidad así lo establezca, siempre y cuando se cumpla con las medidas correspondientes propuestas en la MIA y en la presente resolución”, por lo tanto, resuelve: AUTORIZARLO EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y DE MANERA CONDICIONADA

En dicha resolución se refiere un plazo de tres años para llevar a cabo las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto, mismo que entró en vigor a partir del día siguiente a la fecha de recepción de dicho Oficio Resolutivo. Sin embargo, dada la necesidad de requerimiento de ampliación de plazos para la etapa de preparación y construcción y, de acuerdo al contenido del **TÉRMINO SEGUNDO** del Oficio Resolutivo se obtuvieron las siguientes modificaciones de plazo otorgadas al proyecto, siendo éstas las siguientes:

Tabla III.1 Modificaciones realizadas al proyecto

MODIFICACIONES	OFICIO NÚMERO	FECHA	PLAZO OTORGADO
Primera	S.G.P.A./D.G.I.R.A.DEI.1685.06	29-Agosto-2006	3 años
Segunda	S.G.P.A./D.G.I.R.A.D.G.6547.09	20-October-2009	18 meses
Tercera	S.G.P.A./D.G.I.R.A.D.G.2750.11	13-Abril-2011	18 meses
Cuarta	S.G.P.A./D.G.I.R.A./D.G./6803	28-Agosto-2012	3 años*

\* Dicho plazo vence el 24 de octubre de 2015.

Con fundamento en el **Párrafo Tercero del Artículo 30** de la **LGEEPA** y **Artículo 28** del **REIA**, el **23 de enero de 2013** mediante Oficio Número **6.19.414.PPS.-202/12** de fecha **21 de diciembre de 2012**, el Titular de la **Dirección General del Centro SCT de Oaxaca** (promovente) presentó ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) la **“Modificación del Proyecto Mitla – Tehuantepec”** ubicado en los municipios de San Pablo Villa de Mitla, San Lorenzo Albarradas, Santo Domingo Albarradas, San Juan del Río, Santo Domingo Tepuxtepec, San Carlos Yautepec, Santiago Lachiguri, San Juan Juquila Mixes, Nejapa de Madero, Magdalena Tlacotepec, Santa María Jalapa del Márquez y Santa Mará Mixtequilla, Estado de Oaxaca, en el tramo comprendido entre el cadenamiento del **km 74+000** al **km 165+838.37**, consistente en ajustes de curva, elevaciones de la rasante y un cambio de ruta.

Con fecha **15 de febrero de 2013**, la **Dirección General del Centro SCT de Oaxaca** recibió el Oficio Resolutivo Número **SGPA/DGIRA/DG/00897** de fecha **07 de febrero de 2013**, formulado por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (**DGIRA**) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**), en el cual, con fundamento en el **Artículo 28 fracción I** del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (**LGEEPA**) en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (**REIA**) resuelve: **“Informar al promovente que la modificación del proyecto no es procedente y requiere de la presentación de una nueva manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda**, ya que se trata de la construcción de nuevas obras que implicarán el incremento de la superficie de cambio de uso de suelo por la remoción de vegetación forestal y de la zona federal de los diferentes cuerpos de agua donde se pretende construir más del doble de los puentes autorizados originalmente, lo cual conlleva al aumento en magnitud e intensidad de los impactos ambientales evaluados y considerados en la autorización; por lo que, esta DGIRA determina que dichas obras requieren ser evaluadas por esta autoridad y ser sometidas al PEIA”.

Como resultado de lo antes expuesto, el **13 de diciembre de 2013** mediante Oficio Número **6.19.414.PPS.-480/13** de fecha **10 de diciembre del mismo mes y año**, la Dirección General del Centro SCT Oaxaca presentó ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**) la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (**MIA-R**) del proyecto: **“Mitla - Tehuantepec”**, para ser sometida al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) quedando registrada con la clave **200A2013V0068**.

De fecha **11 de junio de 2014**, la **Dirección General del Centro SCT de Oaxaca** recibió el Oficio Resolutivo Número **SGPA/DGIRA/DG/05986**, formulado por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (**DGIRA**) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**), en el cual, con fundamento en el **Artículo 13 fracción III** del **REIA** resuelve: **NEGAR** la autorización solicitada en materia de impacto ambiental del proyecto denominado **“Mitla Tehuantepec, tramo**

**72+500 al 165+838.37 AT=165+000AD**”, en virtud de que las medidas de prevención, mitigación y prevención propuestas, no garantizan la supervivencia de las especies de fauna identificadas en la zona a intervenir, las cuales, conforme a la **NOM-059-SEMARNAT-2010** presentan categoría de amenazadas y en peligro de extinción; aunado a que las obras y actividades del proyecto propician la afectación de las especies de fauna en riesgo, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 35 fracción III incisos a) y b)** de la LGEEPA.

Derivado de lo anterior y con fundamento a lo que establece el **Artículo 28 fracciones I, VII y X** de la **LGEEPA** y **Artículo 5 incisos B), O) y R)** de su Reglamento (**REIA**), se presenta una vez más, ante la autoridad correspondiente (SEMARNAT-DGIRA) la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional** por la **Modificación del Proyecto Ejecutivo Mitla –Tehuantepec**, específicamente en el **Tramo 2** así denominado por el Centro SCT, correspondiente al trayecto que va del **km 72+500** al **km 165+838.37** para ser sometido nuevamente al Procedimiento de Evaluación en Impacto Ambiental (PEIA).

En virtud de lo antes expuesto, a continuación se describen las disposiciones ambientales de carácter federal y estatal que regulan las obras y/o actividades que plantea el proyecto y que por la ubicación, dimensión, características y alcances del mismo se requiere determinar el grado de concordancia que adquiere con los diferentes instrumentos normativos con validez oficial, a fin de sujetarse a los lineamientos de cada uno de ellos y encontrar la viabilidad y la certeza jurídica de los objetivos de cada ordenamiento aplicable con los propios del proyecto, dando así certidumbre de la viabilidad ambiental del mismo que lleve consigo un desarrollo urbano de manera ordenada y sustentable a corto, mediano y largo plazo.

Siendo así, en primera instancia se presenta la observancia de la Carta Magna de México y su conexión con las disposiciones jurídicas aplicables al proyecto.

### **III. 1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Última Reforma Publicada DOF 10-02-2014**

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Capítulo I De las garantías individuales, Art. 4 Párrafo Quinto y Art. 27 Párrafo Tercero y Quinto; Título Tercero, Capítulo II Del Poder Legislativo, Sección III De las Facultades del Congreso, Art. 73 fracciones XVII, XXV, XXIX-C y XXIX-G

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que: “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”; por consiguiente, la Carta Magna es precursora de las disposiciones reglamentarias aplicables en materia ambiental, como son, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Desarrollo forestal sustentable (LGDFS), la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), la Ley de Aguas Nacionales (LAN), la Ley General de



Asentamientos Humanos (LGAH) y la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (LFMZAAH), entre otros. De ahí que, surja la necesidad de crear dichos preceptos con la finalidad de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Por lo anteriormente fundado, a continuación se desarrolla la observancia realizada a los instrumentos jurídicos aplicables al proyecto. Iniciando primeramente, con las leyes y reglamentos de carácter federal y estatal; en segundo término con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), así mismo, lo concerniente a las Áreas Naturales Protegidas de competencia federal y/o estatal, áreas de importancia de la CONABIO, Corredores Biológicos y; para finalizar, las Normas Oficiales Mexicanas de la SEMARNAT, la Normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y las Normas de Seguridad de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social respectivamente.

## III.2. Cumplimiento de Leyes y Reglamentos de los Tres Niveles de Gobierno

### III.2.1 Leyes Federales

#### III.2.1.1. Ley de Planeación (LP). Última Reforma Publicada DOF 09-04-2012

**SOPORTE LEGAL:** Capítulo Primero, Disposiciones Generales, Art. 1 fracción III y Art. 2 Fracción III; Capítulo Cuarto, Plan y Programas, Art. 21 Párrafo Segundo y Art. 22

Las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer las bases para que el ejecutivo federal coordine sus actividades de planeación con las entidades federativas, conforme a la legislación aplicable. La Ley de Planeación estará basada en la igualdad de derechos entre mujeres y hombres, la atención de las necesidades básicas de la población y la mejoría, en todos los aspectos de la calidad de la vida, para lograr una sociedad más igualitaria, garantizando un ambiente adecuado para el desarrollo de la población; el Plan Nacional de Desarrollo precisará los objetivos nacionales, estrategia y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución, establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional; sus previsiones se referirán al conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando siempre en cuenta las variables ambientales que se relacionen a éstas y regirá el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática. El Plan indicará los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que deban ser elaborados conforme a este capítulo.

**ARGUMENTACIÓN:** Con fundamento a lo que establece esta disposición, el proyecto deberá hacer observancia y ajustarse a la legislación ambiental aplicable, como son planes de desarrollo, planes de ordenamiento ecológico territorial, leyes, reglamentos, normas ambientales, etc.; en los cuales, deberán precisarse los objetivos, estrategias y prioridades de desarrollo integral y sustentable del país; así como, a los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional que garanticen el desarrollo del país de forma sustentable e integral.

### **III.2.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Última Reforma Publicada DOF 16-01-2014**

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Generales, Capítulo I Normas Preliminares, Art. 1 fracción I; Capítulo III Política Ambiental, Art. 15 fracción IV; Capítulo IV Instrumentos de la Política Ambiental, Sección V Evaluación del Impacto Ambiental, Art. 28 Párrafo Primero fracciones I, VII y X y Párrafo Segundo y Art. 30 Párrafo Primero

La LGEEPA 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 tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer, entre otras, las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Establece que 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 es facultad de la federación.

Destaca así mismo que: “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 obras y/o actividades enlistadas en el artículo 28 de esta ley, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría”.

Prescribe además que, 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.2.1.2.1 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Última Reforma Publicada DOF 26-04-2012, Fe de erratas DOF 27-04-2012

**SOPORTE LEGAL:** Capítulo I Disposiciones Generales, Art. 1 y 3 fracciones I; Capítulo II De las obras o actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental y de las excepciones, Art. 5 Párrafo Primero Inciso B) Primer Párrafo, inciso O) fracción I e inciso R) fracción I; Capítulo III, Del procedimiento para la Evaluación del Impacto Ambiental, Art. 9 Párrafo Primero y Segundo, Art. 10 fracciones I, Art. 11 fracción I, Art. 13 y Art. 14

El presente ordenamiento especifica que 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 de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental a nivel federal.

Establece que quienes pretendan llevar a cabo obras y/o actividades, de las enlistadas en el Artículo 5, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La Información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en la Modalidad Regional cuando se trate de carreteras. 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.

**ARGUMENTACIÓN:** La Modificación del Proyecto Ejecutivo Mitla –Tehuantepec, específicamente del Tramo 2 que comprende del km 72+500 al km 165+838.37 refiere obras y/o actividades consistentes en la construcción de una vía general de comunicación, misma que por su ubicación interviene en terrenos con presencia forestal, lo que implica efectuar un cambio de uso de suelo de áreas forestales, además de intervenir con obra civil en zonas federales por la instalación de puentes vehiculares, viaductos, túneles y PIVs que requiere la carretera para su correcto funcionamiento. Dichas obras y/o actividades se encuentran reguladas en materia de impacto ambiental por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La LGEEPA en su Artículo 28 refiere a la letra que “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”. Por lo anterior, en cumplimiento a lo que establecen estas disposiciones federales se somete al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (PEIA) la presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para su análisis correspondiente.

Asimismo, por su ubicación en una región de importancia ecológica (Corredor Biológico Oaxaca), durante la realización del proyecto se presenten diversos impactos ambientales significativos que originarán la modificación del ecosistema presente en la zona de estudio, esto es, por la interacción del proyecto con los diferentes componentes ambientales regionales, como son el suelo, el agua, la flora, la fauna, etc.; sin embargo, con la finalidad de evitarlos, atenuarlos o compensar los impactos adversos susceptibles de ser producidos por la ejecución y operación del proyecto, en el contenido del Capítulo VI del presente manifiesto, se proponen medidas de prevención, de mitigación y de compensación.

Lo antes expuesto, en observancia a lo que establece el principio de política ambiental establecido en el Artículo 15 fracción IV de la LGEEPA que a la letra dice: *“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, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales”*.

Siendo importante referir que las medidas de mitigación propuestas tienen como objetivo que durante el desarrollo de las obras y/o actividades que el proyecto plantea, se utilicen los recursos naturales existentes en la zona, de manera que, se respete la integridad funcional<sup>1</sup> y la capacidad de carga<sup>2</sup> de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos. En términos del conjunto de ellos (integridad funcional y capacidad de carga) se refiere a la función de soporte que tiene el territorio y los ecosistemas que lo forman para las actividades humanas en términos de vocación y compatibilidad.

Las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio (MIA-R) son el resultado del análisis efectuado a los posibles efectos de los trabajos planteados en la región de importancia ecológica

---

<sup>1</sup> Integridad Funcional: Conjunto de mecanismos que permiten el mantenimiento del equilibrio ecológico y la permanencia del ecosistema, entendiendo como mecanismos los sucesos intermedios entre causa y efecto. Fuente: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/impactoambiental/Paginas/criterios.aspx>

<sup>2</sup> Capacidad de carga: es la medida que posee un componente ambiental (agua, aire, suelo, flora o fauna) para depurar, dispersar, absorber o soportar vertidos, emisiones o residuos sin afectar su calidad, estructura o función. Fuente: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/impactoambiental/Paginas/criterios.aspx>

donde se ubica el proyecto y en los que fueron considerados de forma conjunta las características ambientales existentes en la zona de estudio (Ver Capítulo V).

De ahí que, es necesario reiterar lo siguiente:

1. El Estado de Oaxaca, actualmente, NO presenta un de Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) con el cual regule o induzca los usos de suelo y las actividades productivas de su territorio, esto, a través de un modelo de ordenamiento ecológico que maximice el consenso entre los sectores, minimice los conflictos ambientales y favorezca el desarrollo sustentable de la entidad.
2. En el delimitado Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, se identificó la presencia de especies de flora y fauna silvestre enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de amenazadas (A), sujetas a protección especial (Pr) y en peligro de extinción (P) (ver listas de especies y catálogos de flora y fauna anexas al capítulo VIII). No obstante, con la finalidad de NO afectarlas significativamente y de manera considerable, en el contenido del Capítulo VI de la presente MIA-R, se proponen medidas de mitigación consistentes en evitar, atenuar o compensar las posibles afectaciones a las especies identificadas; además de, proponer un Programa de Rescate y Reubicación de especies de Flora y Fauna respectivamente.
3. La información proporcionada en el contenido de la presente MIA-R, respecto a los impactos ambientales que ocasionará la ejecución del proyecto fue obtenida a través de trabajo de gabinete y de las visitas a campo que se realizaron en la zona de estudio, a evaluar por la autoridad competente (SEMARNAT) y, en las que se emplearon las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.

Derivado de lo anterior, en el sitio o la zona pretendida para realizar las obras y/o actividades que se plantean en el contenido de la MIA-R, no existe algún instrumento de política ambiental en materia de ordenamiento ecológico territorial que regule los usos de suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales y las actividades productivas; de manera que, en los términos que refiere la LGEEPA en el Artículo 28 fracciones I, VII y X y REIA en el Artículo 5 Incisos B), O) y R), son en esencia, las únicas disposiciones legales por los que se encuentra regulado el desarrollo del proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), además de otras disposiciones legales como son la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), La Ley General de Aguas Nacionales (LAN), las cuales, se desarrollan en el contenido de este Capítulo III.

De ahí que, en cumplimiento a lo que establecen la LGEEPA y REIA, se reitera una vez más que por su ubicación, dimensión, características y alcance, el proyecto requiere ser evaluado por la SEMARNAT mediante la presentación de una MIA-R por la construcción de una vía general de comunicación, misma que para su ejecución necesita efectuar acciones que implican un cambio de uso de suelo de áreas forestales, además de intervenir con obra civil en zonas federales por la instalación de puentes

y viaductos, específicamente el Tramo 2 que comprende del km 74+000 al km 165+838.37 del proyecto “Mitla-Tehuantepec”.

#### III.2.1.4 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Última Reforma Publicada DOF 07-06-2013

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Generales, Capítulo I, Del objeto y aplicación de la ley, Art. 1; Capítulo II, De la terminología empleada en esta ley, Art. 7 fracciones V, XLII y XLVIII; Título Cuarto, Del manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, Capítulo I, De las autorizaciones para el aprovechamiento de los recursos forestales, Art. 58 fracción I, Art. 63; Título Quinto, De las medidas de conservación forestal, Capítulo I, Del cambio de uso de suelo en los terrenos forestales, Art. 117 Párrafos Primero, Segundo y Cuarto

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 la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; prescribe las definiciones de “cambio de uso de suelo en terreno forestal”, “terreno forestal” y “vegetación forestal”.

Establece que corresponderá a la Secretaría otorgar, entre otros, la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción. Las autorizaciones en materia forestal sólo se otorgarán a los propietarios de los terrenos y a las personas legalmente facultadas para poseerlos y usufructuarlos. Cuando la solicitud de una autorización en materia forestal sobre terrenos propiedad de un ejido, comunidad o comunidad indígena sea presentada por un tercero, éste deberá acreditar el consentimiento del núcleo agrario mediante el acuerdo de asamblea que lo autorice, de conformidad con la Ley Agraria.

Determina que la Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso del 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 que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada. En las autorizaciones de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, la autoridad deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las propuestas y observaciones planteadas por los miembros del Consejo Estatal Forestal. Asimismo, señala que las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectada y su adaptación al nuevo hábitat. Dichas autorizaciones deberán atender lo que, en su caso,



dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

#### **III.2.1.4.1 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Nuevo Reglamento DOF 24-02-2014**

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, De las Disposiciones Generales, Capítulo Único, Art. 1 y 2 fracciones V, XXXI y XL; Título Cuarto, De las Medidas de Conservación Forestal, Capítulo Segundo, Del Cambio de Uso del Suelo en los Terrenos Forestales, Art. 120 y 121

El presente ordenamiento tiene por objeto regular la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración. Señala, para los efectos del presente reglamento la definición de “bosque”, “selva” y “vegetación forestal de zonas áridas y semiáridas”.

Establece que para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, junto a ésta solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.

**ARGUMENTACIÓN:** El proyecto “Mitla-Tehuantepec” se localiza en una región de importancia ecológica y pretende para su ejecución de obras y/o actividades que implican efectuar acciones de desmonte y despilme (remoción de vegetación forestal) para la construcción de una vía general de comunicación; asimismo, por su magnitud requiere de obras provisionales y asociadas (apertura de sitios de tiro, bancos de préstamo y caminos de acceso a éstos, al eje troncal y a las obras de drenaje mayor). Lo antes expuesto, en materia forestal representa realizar un cambio de uso de suelo de áreas forestales, por la modificación de la vocación natural de la superficie a utilizar para ser destinado de forma definitiva a actividades no forestales, en este caso, por la instalación de una vía general de comunicación de modo permanente y, de manera temporal las obras provisionales y asociadas que requiere el proyecto para su ejecución.

La superficie total de vegetación forestal que se pretende remover, así como la forma en que se llevaran a cabo las obras y/o actividades planteadas, se prescriben de manera específica en el contenido del Capítulo II de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional.

En virtud de lo anterior, el proyecto deberá solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales<sup>3</sup>, mediante el formato que expida la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y junto a ésta solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo (ETJ), el cual, para ser autorizado en materia forestal deberá dar cumplimiento a lo que establece el Artículo 117 Párrafos Primero y Cuarto de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y que a la letra refieren:

*“La Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso del 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 que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada” y,*

*“Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat. Dichas autorizaciones deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables”.*

Por tanto, se prescriben estas disposiciones, dado que ambas son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional y tienen por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, permitiendo esgrimir los conceptos vinculables al cambio de uso de suelo de terrenos forestales (CUSTF) que brindan certeza jurídica y viabilidad al desarrollo del proyecto en comento.

### **III.2.1.5. Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH). Última Reforma Publicada DOF 24-01-2014**

**SOPORTE LEGAL** Capítulo Primero Disposiciones Generales, Art. 1 fracciones I y II, Art. 2 fracción VII y Art. 5 fracciones II y VI; Capítulo Tercero De la planeación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población, Art. 12 fracciones I, II y IV; Capítulo Octavo Del fomento al desarrollo urbano, Art. 51 fracciones I, V y XII

Las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tiene por objeto establecer la concurrencia de la federación, de las entidades federativas y de los municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional; fijar las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación,

---

<sup>3</sup> Cambio de Uso de Suelo en Terreno Forestal: La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales. Artículo 7 fracción V de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población. Para los efectos de esta Ley, se entenderá por “desarrollo regional”, el proceso de crecimiento económico en un territorio determinado, garantizando el mejoramiento de la calidad de vida de la población, la preservación del ambiente, así como la conservación y reproducción de los recursos naturales. Considera de utilidad pública, entre otros, a la ejecución de planes o programas de desarrollo urbano y, la ejecución de obras de infraestructura, equipamiento y servicios urbanos. La planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población se llevarán a cabo a través de, el programa nacional de desarrollo urbano; los programas estatales de desarrollo urbano y los planes o programas municipales de desarrollo urbano. La Federación, las entidades federativas y los municipios fomentarán la coordinación y la concertación de acciones e inversiones entre los sectores público, social y privado para: la aplicación de los planes o programas de desarrollo urbano; la satisfacción de las necesidades complementarias en infraestructura, equipamiento y servicios urbanos, generadas por las inversiones y obras federales y la aplicación de tecnologías que protejan al ambiente, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización.

**ARGUMENTACIÓN:** Se presenta la observancia de esta Ley debido a que ésta tiene como objeto fijar las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población en el territorio nacional. Además, con la ejecución del proyecto se pretende dar impulso al desarrollo urbano, económico y social de la Región del Istmo del estado de Oaxaca, por tanto, deberá observarse lo que establece el Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2012-2018 y el Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016, los cuales se analizan más adelante, respecto a lo que establecen sobre obras y/o actividades para la implementación de infraestructura carretera.

### **III.2.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Última Reforma Publicada DOF 19-03-2014**

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Generales, Capítulo Único, Objeto y Ámbito de Aplicación de la Ley, Art. 1 fracciones I y II, Art. 3 fracción I, Art. 5 fracciones V, IX, XVII, XXX, XXXII, XXXIII y XXXIV; Título Tercero, Clasificación de los Residuos, Capítulo Único, Fines, Criterios y Bases Generales, Art. 19 fracción I y VII; Título Quinto, Manejo Integral de Residuos Peligrosos, Capítulo I, Disposiciones Generales, Art. 40, Art. 41, Art. 42 Párrafo Segundo y Art. 43; Título Sexto, De la prevención y manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, Capítulo Único, Art. 95

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 los residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y

propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; de prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos y, determinar los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana. Considera de utilidad pública, entre otras, las medidas necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al ambiente de residuos.

Para los efectos de esta ley se definen los conceptos: “disposición final”, “generador” “manejo integral”, “residuos de manejo especial” “residuos peligrosos”, “residuos sólidos urbanos” y “responsabilidad compartida”. Salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, los residuos de manejo especial se clasifican entre otros como, “residuos de 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 y, “residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general”.

Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.

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. Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven

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.

### III.2.1.6.1 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación 30-11-2006

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Preliminares, Art. 1, Art. 2 fracciones I, II, XVII y Art. 14

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 en 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. Para efectos del presente reglamento, se entenderá por “almacenamiento de residuos peligrosos” la 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; por “acopio” se interpreta la acción de reunir los residuos de una o diferentes fuentes para su manejo, por “recolección” se entiende, la “acción de recoger residuos para transportarlos o trasladarlos a otras áreas o instalaciones para su manejo integral”. Además, especifica que 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.

**ARGUMENTACIÓN:** La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento especifican los requisitos a cumplir para las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con la generación de residuos; por ello, durante el desarrollo de las diferentes etapas del presente proyecto, se deberá cumplir con lo que establecen éstos instrumentos legales, instalando y/o destinando sitios para el almacenamiento y/o acopio de los residuos que resulten durante la ejecución de los trabajos planteados.

Para el caso del presente proyecto, los tipos de residuos que se manejarán son:

**RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (NO PELIGROSOS):** los que resulten de las excavaciones y cortes (material inerte: suelo y rocas); del desmonte y despalme (ramas de mayor y menor tamaño, hojarasca, troncos y suelo vegetal); construcción de obras complementarias (drenaje: pedazos de varilla de acero, trozos de madera, bolsas de plástico y papel, cartones, clavos y alambre, etc.);

**RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (NO PELIGROSOS):** los que resulten por la instalación de sanitarios portátiles, los cuales serán usados por los trabajadores contratados para la ejecución del proyecto, además de, restos de alimentos, papeles y cartones (residuos orgánicos); los vidrios, plásticos, latas y uncel (residuos inorgánicos) y aguas residuales como resultado de las necesidades fisiológicas de las personas (residuos líquidos orgánicos).

**RESIDUOS PELIGROSOS:** los que resulten del mantenimiento de los camiones de volteo, como son, estopas, cartones impregnados de aceite, grasa o algún otro material combustible, botes vacíos de aceite, de grasas, de combustible, de solventes, de pintura, piezas inservibles de la maquinaria y neumáticos (residuos sólidos); aceites usados (residuos líquidos); además de que, se contará con un almacén de productos explosivos “polvorín” donde se guardaran los diferentes elementos con que habrá de disgregarse el material tipo C y para la perforación de los túneles.

De ahí que, se deberán contemplar las instrucciones de estas disposiciones ambientales para el control y manejo de los diferentes residuos que resultarán por la construcción del proyecto, además de considerar las medidas de mitigación propuestas en el contenido del capítulo VI de la presente MIA-R de prevención en el manejo de los residuos que deriven y, de compensación en caso de que se originará algún accidente como el derrame de combustible en el suelo.

### III.2.1.7 Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Última Reforma Publicada DOF 19-03-2014

**SOPORTE LEGAL:** Título I, Disposiciones Preliminares, Art. 1, Art. 3 fracciones XIX, XXII, XXXIII y XLVI y Art. 4 Primer Párrafo; Título II, Política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, Art. 5 fracciones I y II; Título V, Disposiciones comunes para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, Capítulo I, Disposiciones Preliminares, Art. 19

La Ley General de Vida Silvestre 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 la ley forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo.

Para los efectos de esta Ley se entenderá por “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; por “hábitat” se interpreta como el sitio específico en un medio ambiente físico, ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado; “plan de manejo” se define como, el documento técnico operativo de las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre sujeto a aprobación de la Secretaría, que describe y programa actividades para el manejo de especies silvestres particulares y sus hábitats y establece metas e indicadores de éxito en función del hábitat y las poblaciones y, “vida silvestre” se establece como, Los organismos que subsisten sujetos a los procesos de evolución natural y que se desarrollan



libremente en su hábitat, incluyendo sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control del hombre, así como los ferales.

Señala que 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. 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, 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 y 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.

Determina que las autoridades 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.2.1.7.1 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Última Reforma Publicada 09-05-2014**

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Generales, Capítulo Único, Art. 1, Art. 2 fracciones VIII, IX y XV; Título Tercero, Disposiciones comunes para la Conservación y el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre, Capítulo Primero, Procedimiento en General, Art. 12

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar a la Ley General de Vida Silvestre. Además de las definiciones contenidas en el artículo 3o., 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 “especie” la unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, que comparten rasgos morfológicos, fisiológicos y conductuales; “especies asociadas” son aquellas que comparten el hábitat natural y forman parte de la comunidad biológica de una especie en particular; son “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. De igual forma, el presente ordenamiento señala que las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitat, especies, partes o derivados de vida silvestre y que conforme a la Ley requieran licencia, permiso o autorización de la Secretaría, presentarán la solicitud correspondiente en los formatos que para tal efecto establezca la Secretaría.

**ARGUMENTACIÓN:** Acorde a lo anterior y aun cuando no se pretenden realizar actividades de aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, la observancia de estos preceptos obedece a que la flora y fauna silvestre son elementos que constituyen el medio biótico del Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para la presente MIA-R y en la medida que se analiza el sitio a intervenir, es indispensable conocer las especies que en un momento dado pudieran verse afectadas, por ello, la vida silvestre que pudiera hallarse y/o encontrarse en el sitio puntual donde se pretende la ejecución del proyecto, se respetarán en la medida de lo posible durante la ejecución del mismo y en todas y cada una de sus etapas. Asimismo, para el cuidado y protección de la vida silvestre identificada en el Sistema Ambiental Regional (SAR), específicamente en el área de influencia (AI), en el contenido del capítulo VI de la presente MIA-R se proponen medidas de prevención, mitigación y compensación, así como un programa de rescate de flora y fauna respectivamente, con la finalidad de conservar y proteger la vida silvestre en la zona de estudio.

### III.2.1.8 Ley General de Cambio Climático. Publicación DOF 6jun2012

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Generales, Capítulo Único, Artículo 1, Artículo 2 fracciones I, II y III; Título Segundo, Distribución de Competencias, Capítulo Único, De la Federación, las Entidades Federativa y los Municipios, Artículo 5 y Artículo 7 fracción VI incisos a), i); Título Tercero, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Capítulo I, Disposiciones Generales, Artículo 15 fracción VII; Título Cuarto, Política Nacional de Cambio Climático, Capítulo I Principios, Artículo 26 fracción, Capítulo II Adaptación, Artículo 28 fracciones VI y VII, Artículo 29 fracciones III, IV y VI

La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico. Tiene por objeto, entre otros, garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios 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 emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma y regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.

La federación, las entidades federativas, el Distrito Federal y los municipios ejercerán sus atribuciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta ley y en los demás ordenamientos legales aplicables. Son atribuciones de la federación las siguientes: establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta Ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas aplicables, en las materias siguientes: preservación, restauración, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, los ecosistemas terrestres y acuáticos y los recursos hídricos y, transporte federal y comunicaciones, entre otros.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático tiene por objeto, emitir recomendaciones sobre las políticas y acciones de mitigación o adaptación al cambio climático, así como sobre las evaluaciones que en la materia realizan las dependencias de la administración pública federal centralizada y paraestatal, de las entidades federativas y de los municipios.

En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán, entre otros, los principios de 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. La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos: infraestructura de transportes y comunicaciones y, ordenamiento ecológico del territorio, asentamientos humanos y desarrollo urbano, entre otros. Se considerarán acciones de adaptación, entre otros, el manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos; la conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación y, la construcción y mantenimiento de infraestructura.

**ARGUMENTACIÓN:** El proyecto refiere obras y actividades para la construcción de una vía de comunicación terrestre. Dichos trabajos implican un cambio de uso de suelo de terreno forestal (CUSTF), así como, la ocupación de zona federal con obra civil; por ello, el proyecto propone medidas de mitigación consistentes en acciones de mitigación, para minimizar los impactos ambientales que

podría ocasionar la ejecución de los trabajos planteados. De esta forma, el proyecto da cumplimiento al principio de responsabilidad ambiental que observa la política nacional de cambio climático para quienes realicen obras o actividades que puedan afectar al medio ambiente

### III.2.1.9 Ley de Aguas Nacionales. Última Reforma Publicada DOF 07-06-2013

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Preliminares, Capítulo Único, Art. 1, 2, 3 fracciones I, XI, XLVII y XLVIII; Título Noveno, Bienes Nacionales a Cargo de la Comisión, Capítulo Único, Art. 113 fracción I; Título Séptimo, Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental, Capítulo I, Prevención y control de la Contaminación el Agua, Art. 86 BIS2 2, Capítulo II Responsabilidad por Daño Ambiental Art. 96 BIS 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. Sus disposiciones 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. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

“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.

“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.

“Río” es la corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

Asimismo, especifica que la administración de los bienes nacionales<sup>4</sup> quedan a cargo de la “comisión<sup>5</sup>”, estando entre otros el siguiente: las playas y zonas federales, en la parte correspondiente a los cauces de corrientes en los términos de la presente Ley.

De la misma forma establece a la letra lo siguiente: *“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. Las personas físicas o morales que descarguen aguas residuales, en violación a las disposiciones legales aplicables, y que causen contaminación en un cuerpo receptor, asumirán la responsabilidad de reparar el daño ambiental causado, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones administrativas, penales o civiles que procedan, mediante la remoción de los contaminantes del cuerpo receptor afectado y restituirlo al estado que guardaba antes de producirse el daño, o cuando no fuere posible, mediante el pago de una indemnización fijada en términos de Ley por Autoridad competente”.*

#### III.2.1.9.1 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Última reforma publicada DOF 24-05-2011

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones Preliminares, Capítulo Único, Art. 1, 2, fracciones III, V y VI

El reglamento tiene por objeto regular la Ley de Aguas Nacionales, mismo que establece las definiciones de “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

---

<sup>4</sup> Bienes Nacionales: Los señalados en los artículos 27, párrafos cuarto, quinto y octavo; 42, fracción IV, y 132 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 3 fracción I de la Ley General de Bienes Nacionales.

<sup>5</sup> Comisión: “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. Artículo 3 fracción XII de la Ley de Aguas Nacionales.

principia hasta su desembocadura) y “corriente intermitente” (la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial).

**ARGUMENTACIÓN:** La observancia de estos preceptos obedece a que el proyecto pretende la construcción de puentes vehiculares sobre los escurrimientos (ríos) permanentes e intermitentes que se presentan a lo largo del trazo proyectado, tal como se describen en el contenido del Capítulo II de la presente MIA-R; dichos ríos, se constituyen bienes nacionales y están a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), por tanto, en observancia a lo que establecen estos preceptos jurídicos sobre el cuidado y protección de los cuerpos de agua, se deberá contar con el permiso correspondiente de la “comisión”; además de que estos instrumentos políticos ambientales son de orden público e interés social aplicables a las aguas superficiales o del subsuelo existentes en la Nación.

Con respecto a los bancos de tiro y bancos de extracción de material que se plantean ubicar en áreas cercanas al cauce y zona federal del río Tehuantepec, en el contenido del capítulo VI del presente manifiesto (MIA-R), se detallan las medidas de mitigación correspondientes para el cuidado y protección de los mismos. Tales medidas consisten en prevenir, atenuar y reducir los impactos ambientales que derivarán durante el desarrollo de los trabajos propuestos.

### III.2.1.10 Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (LFMZAAH). Última Reforma Publicada en el DOF el 09 de abril de 2012

**SOPORTE LEGAL:** Capítulo I Disposiciones Generales Artículo 1, Artículo 6 Párrafo Segundo y Artículo 18 Párrafo Segundo; Capítulo III De los Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos Artículo 27, Artículo 28, Artículo 30, Artículo 31, Artículo 32; Capítulo IV De las Zonas de Monumentos Artículo 38; Capítulo V De la Competencia Artículo 44; Capítulo VI De las Sanciones Artículo 47

El objeto de esta Ley es de interés social y nacional y sus disposiciones de orden público. Los propietarios de bienes inmuebles colindantes a un monumento, que pretendan realizar obras de excavación, cimentación, demolición o construcción, que puedan afectar las características de los monumentos históricos o artísticos, deberán obtener el permiso del Instituto correspondiente, que se expedirá una vez satisfechos los requisitos que se exijan en el Reglamento. El Gobierno Federal, los Organismo Descentralizados y el Gobierno del Distrito Federal, cuando realicen obras, estarán obligados, con cargo a las mismas, a utilizar los servicios de antropólogos titulados, que asesoren y dirijan los rescates de arqueología bajo la dirección del Instituto Nacional de Antropología e Historia y asimismo entreguen las piezas y estudios correspondientes a este Instituto. Son propiedad de la Nación, inalienables e imprescriptibles, los monumentos arqueológicos muebles e inmuebles. Son monumentos arqueológicos los bienes muebles e inmuebles, producto de culturas anteriores al

establecimiento de la hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con esas culturas.

Toda clase de trabajos materiales para descubrir o explorar monumentos arqueológicos, únicamente serán realizados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia o por instituciones científicas o de reconocida solvencia moral, previa autorización. En dichas autorizaciones, el Instituto Nacional de Antropología e Historia señalará los términos y condiciones a que deban sujetarse los trabajos, así como las obligaciones de quienes los realicen. El Instituto Nacional de Antropología e Historia suspenderá los trabajos que se ejecuten en monumentos arqueológicos sin autorización, que violen la concedida o en los que haya sustracción de materiales arqueológicos. En su caso, procederá a la ocupación del lugar, a la revocación de la autorización y a la aplicación de las sanciones correspondientes.

Las zonas de monumentos estarán sujetas a la jurisdicción de los poderes federales en los términos prescritos por esta Ley y su Reglamento. El Instituto Nacional de Antropología e Historia es competente en materia de monumentos y zonas de monumentos arqueológicos e históricos. El que realice trabajos materiales de exploración arqueológica, por excavación, remoción o por cualquier otro medio, en monumentos arqueológicos inmuebles, o en zonas de monumentos arqueológicos, sin la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia, se le impondrá prisión de uno a diez años y multa de cien a diez mil pesos.

### **III.2.10.1 Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Última Reforma Publicada en el DOF el 05 de enero de 1993**

**SOPORTE LEGAL:** Capítulo III De los Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas Artículo 44 fracciones I, II y III, Artículo 45 fracciones I, II y III y Artículo 46

El presente ordenamiento establece que cualquier obra que se realice en predios colindantes a un monumento arqueológico, artístico o histórico, deberá contar previamente con el permiso del Instituto competente y para tal efecto: el solicitante deberá cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 42 de este Reglamento; a la solicitud se acompañará dictamen de perito autorizado por el instituto competente en el que se indicarán las obras que deberán realizarse para mantener la estabilidad y las características del monumento. Dichas obras serán costeadas en su totalidad por el propietario del predio colindante; y el instituto competente otorgará o denegará el permiso en un plazo no mayor de treinta días hábiles, a partir de la fecha de recepción de la solicitud.

Los requisitos del Artículo 42 son: nombre y domicilio del solicitante; nombre y domicilio del responsable de la obra; nombre y domicilio del propietario; características, planos y especificaciones de la obra a realizarse; planos, descripción y fotografías del estado actual del monumento y, en el caso de ser inmueble, sus colindancias; su aceptación para la realización de inspecciones por parte



del Instituto competente; y a juicio del instituto competente, deberá otorgar fianza que garantice a satisfacción el pago por los daños que pudiera sufrir el monumento.

En el dictamen técnico a que se refiere el artículo 11 de la Ley deberá constar: que el uso del inmueble es el congruente con sus antecedentes y sus características de monumento artístico o histórico; que los elementos arquitectónicos se encuentran en buen estado de conservación; y que el funcionamiento de Instalaciones y servicios no altera ni deforma los valores del monumento. El dictamen se emitirá, en su caso, previo el pago de los derechos correspondientes. Toda obra que se realice en monumentos arqueológicos, artísticos o históricos contraviniendo las disposiciones de la Ley o de este Reglamento será suspendida por el Instituto competente mediante la imposición de sellos oficiales que impidan su continuación. A quien viole los sellos impuestos, se le aplicará la sanción prevista en el artículo 55 de la Ley.

**ARGUMENTACIÓN:** La observancia de estos preceptos obedece a que en algunas zonas del tramo carretero, se identificaron vestigios arqueológicos, los cuales, forman parte del patrimonio cultural de las comunidades que habitan en dicha región. Dichos monumentos son propiedad de la Nación, inalienables e imprescriptibles. Razón por lo cual, previo a la ejecución de las obras y/o actividades que plantea el proyecto, el promovente, deberá en primera instancia solicitar la autorización correspondiente ante el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Cumpliendo con lo anterior el proyecto no contraviene lo establecido en estos preceptos de interés social, nacional y de orden público.

### III.2.2 Leyes supletorias

#### III.2.2.1 Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (LCPAF). Última Reforma Publicada DOF 16-12-2013

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Del régimen administrativo de los caminos, puentes y autotransporte federal, Capítulo 1, Del ámbito de aplicación de la ley, Art. 1, Art. 2 fracciones: I inciso c), III, V inciso a) y XVI, Art. 3, Capítulo II, Jurisdicción y Competencia, Art. 5 fracción II

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. Para los efectos de esta Ley se establece como:

“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” la 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. “Puente nacional” los construidos por la Federación; con fondos federales o mediante concesión o permiso federales por particulares, estados o municipios en los caminos federales, o vías generales de comunicación; o para salvar obstáculos topográficos sin conectar con caminos de un país vecino y, “Vías generales de comunicación” los caminos y puentes tal como se definen en el artículo 2 de la Ley.

De igual forma, establece que son parte de las vías generales de comunicación los terrenos necesarios para el derecho de vía, las obras, las construcciones y demás bienes y accesorios que integran las mismas y 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. Entre otros, corresponden a la Secretaría (SCT), sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal, la siguiente atribución: construir y conservar directamente caminos y puentes.

### III.2.2.2 Ley de Vías Generales de Comunicación (LVGC). Última Reforma Publicada DOF 09-04-2012

**SOPORTE LEGAL:** Libro Primero, Disposiciones Generales, Capítulo 1, Clasificación, Art. 2 fracciones I y II; Capítulo II, Jurisdicción, Art. 3 fracción I; Capítulo III, De concesiones permisos y contratos, Art. 10; Capítulo VI, Construcción y establecimiento de vías generales de comunicación, Art. 41

Esta Ley establece que son partes integrantes de las vías generales de comunicación, los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas; así como los terrenos y aguas que sean necesarias para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción I de la Ley.

Establece que las vías generales de comunicación quedan sujetas exclusivamente a los poderes federales. El ejecutivo ejercitará sus facultades por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes entre otros, en el siguiente caso y sin perjuicio de las facultades expresas que otros ordenamientos legales concedan a otras Dependencias del Ejecutivo Federal: construcción, mejoramiento, conservación y explotación de vías generales de comunicación.

El Gobierno Federal tendrá facultad para construir, mejorar, conservar y explotar las vías generales de comunicación por sí mismo o en cooperación con las autoridades locales. No podrán ejecutarse trabajos de construcción en las vías generales de comunicación, en sus servicios auxiliares y demás dependencias y accesorios, sin la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a los planos, memoria descriptiva y demás documentos relacionados con las obras que tratan de realizarse. Las modificaciones que posteriormente se hagan se someterán igualmente a la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

**ARGUMENTACIÓN:** El proyecto se relaciona con estos preceptos por proponer la construcción de una vía general de comunicación, en este caso, del Tramo 2 del Proyecto Ejecutivo “Mitla-Tehuantepec”, la cual, una vez constituida como tal, deberá cumplir con las especificaciones técnicas de una carretera tipo A4 al derecho de vía correspondiente, siendo además un proyecto que pretende llevar a cabo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), mediante recursos procedentes de la federación, a través de particulares, previo conocimiento y autorización de las autoridades correspondientes.

### III.2.3 Leyes y Reglamentos Estatales

A continuación, se describen los siguientes ordenamientos estatales, para su observancia:

#### III.2.3.1. Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca (LEEEO). Última Reforma Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca el 10-05-2008

**SOPORTE LEGAL:** Título Primero, Disposiciones generales, Art. 1; Capítulo I Normas Preliminares, Art. 2 fracción I y V, 3 fracción XXV; Capítulo II, Distribución de Competencias, Concurrencia y Coordinación, Art. 4 fracciones IV y XI; Capítulo IV, Instrumentos de la Política Ambiental, Sección IV Evaluación del Impacto Ambiental, Párrafo Primero y Segundo del Art. 16.

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones del Artículo 59 fracciones XXXVI y XXXVII de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Oaxaca y de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que corresponde a las atribuciones que ella asigna a los Estados y Municipios de acuerdo a lo dispuesto por el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Las normas de esta Ley son de orden público e interés social, su aplicación corresponde al Instituto Estatal de Ecología de Oaxaca y tienen por objeto fijar las bases para, entre otros, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar y, el aprovechamiento sustentable, la preservación y en su caso la 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.

Establece que la “manifestación de impacto” es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, al impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Refiere que son asuntos de competencia del estado, aplicar los instrumentos de la política ambiental previstos en esta Ley, así como la preservación y restauración del equilibrio y la protección al ambiente que se realice en bienes y zonas de jurisdicción estatal, en las materias que no estén expresamente atribuidas a la federación, así como, regular y evaluar el impacto ambiental previamente a la realización de las

obras o actividades que sean de su competencia, y en su caso, expedir las autorizaciones correspondientes. Además, especifica que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual el Instituto establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los Reglamentos y Normas Oficiales emitidas para proteger el ambiente.

A la evaluación de impacto ambiental se sujetarán la realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites o condiciones emitidas para proteger el ambiente, debiendo obtener la autorización del Estado, por conducto del Instituto Estatal de Ecología, conforme a las competencias que señala esta Ley, sin perjuicio de otras autorizaciones. Cuando corresponda al Instituto llevar a cabo la evaluación del impacto ambiental, considerará la opinión del Municipio donde se pretenda realizar la obra o actividad. Las obras o proyectos deberán tramitar su autorización previa al inicio de la adecuación del sitio donde se realizará la obra o actividad.

**ARGUMENTACIÓN:** La observancia a la presente ley obedece a que es de orden público e interés social en el ámbito territorial del estado de Oaxaca, en ella se establece que compete a la entidad de Oaxaca aplicar los instrumentos de la política ambiental previstos en la ley, así como, preservar y restaurar el equilibrio y protección al ambiente en bienes y zonas de jurisdicción estatal en las materias que NO ESTÉN EXPRESAMENTE ATRIBUIDAS A LA FEDERACIÓN.

En virtud de lo anterior, y conforme a lo que establece el Artículo 28 fracciones I, VII y X de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y Artículo 5 incisos B), O) fracción I y R) fracción I del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación en Impacto Ambiental (REIA), las obras y/o actividades que plantea el proyecto en el estado de Oaxaca están reservadas a la federación y requieren previamente ser sometidas al Procedimiento de Evaluación en Impacto Ambiental (PEIA) mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Lo antes expuesto, por pretender la construcción de una vía general de comunicación (carretera), misma que para su realización requiere de la remoción de vegetación forestal (para la instalación del cuerpo carretero) y obras provisionales y asociadas (la instalación de bancos de tiro, bancos de préstamo y caminos de acceso a éstos, al eje troncal y a las obras de drenaje mayor), lo que implica un cambio de uso de suelo de áreas forestales, además de intervenir con obra civil en zonas federales por la construcción de puentes vehiculares, viaductos, túneles y PIVs.

### **III.3 Vinculación con los programas de ordenamiento ecológico del territorio, áreas naturales protegidas u otras zonificaciones prioritarias para la conservación y regulación del uso del suelo**

#### **III.3.1 Fundamento Jurídico Administrativo del Ordenamiento Ecológico**

En México, el ordenamiento ecológico del territorio tiene fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de Planeación, el Sistema Nacional de Planeación Democrática, la Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico. Estos instrumentos exigen que el ordenamiento ecológico del territorio se incorpore al plan nacional de desarrollo, a los programas sectoriales y a los planes de desarrollo estatal buscando la congruencia, la corresponsabilidad, y la cohesión entre ellos.

#### **III.3.2 Acuerdo del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Publicado en el DOF el viernes 07 de Septiembre de 2012**

Acorde a lo que establece el Acuerdo del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), éste será de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática; las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio en sus programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública; la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales tendrá a su cargo la etapa de ejecución y evaluación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, de conformidad con las disposiciones aplicables de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico.

#### **III.3.3 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Publicado en el DOF el viernes 07 de Septiembre de 2012**

Está integrada por la regionalización ecológica (áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial), los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización). La regionalización ecológica se integra por un conjunto de unidades ambientales biofísicas (UAB) que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las unidades de gestión ambiental (UGA) previstas en los Programas de Ordenamiento Ecológicos Regionales y Locales.

Los 10 lineamientos ecológicos que se formularon para este Programa, mismos que reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad biofísica ambiental, se instrumentan a través de las directrices generales que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

Por su parte, las estrategias ecológicas, definidas como los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el territorio nacional, fueron construidas a partir de los diagnósticos, objetivos y metas comprendidos en los programas sectoriales, emitidos respectivamente por las dependencias de la APF que integran el Grupo de Trabajo Intersecretarial. Las estrategias se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo Intersecretarial (GTI) para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT. En este sentido, se definieron tres grandes grupos de estrategias: las dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, las dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y las dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

Derivado de lo anterior, de acuerdo a la naturaleza del proyecto y conforme a lo que establece el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) se identificó lo siguiente:

- Las obras y/o actividades que propone el proyecto se ubican en las Unidades Ambientales Biofísicas 70 y 140 denominadas “Sierras Orientales de Oaxaca Norte” y “Sierras Orientales de Oaxaca Sur”. Estas a su vez se localizan dentro de la Región Ecológica 17.17.
- El Área de Atención Prioritaria presente en la región ecológica 17.17 esta establecida en el POEGT como de Atención Media para la unidad ambiental biofísica 70 y de Atención Muy Alta para la unidad ambiental biofísica 140.
- La Política Ambiental que se establece en la unidad ambiental biofísica 70 es la de Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable. Para la unidad ambiental biofísica 140 es de Restauración y Aprovechamiento Sustentable. Es importante indicar que el orden en la construcción en cada política ambiental refleja la importancia y rumbo de desarrollo que se desea inducir en cada unidad (UAB).

En las siguientes imágenes, se puede corroborar lo antes mencionado:

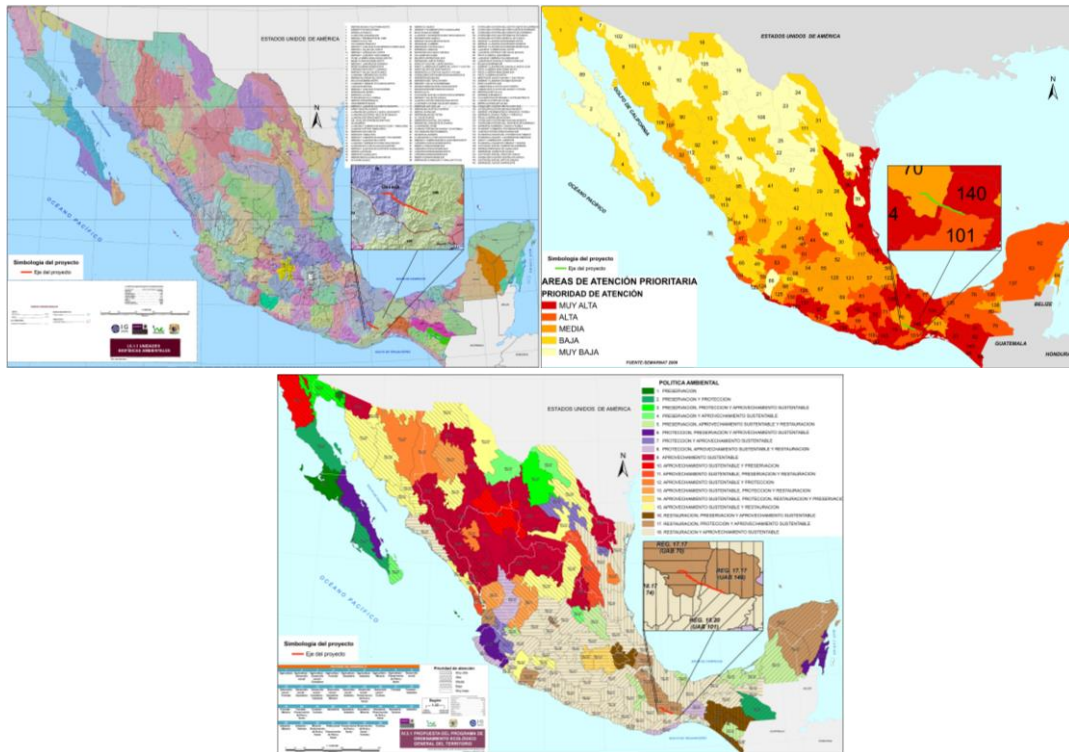


Imagen III.1 Ubicación de las unidades ambientales biofísicas “70 Sierras Orientales de Oaxaca Norte” y “140 Sierras Orientales de Oaxaca Sur”; el área de atención prioritaria de la región ecológica donde se ubica el proyecto y las políticas ambientales establecidas en la zona del proyecto

De acuerdo a lo anterior y a la ubicación del proyecto, en el siguiente cuadro, se prescriben de modo general, las características que presentan las características generales de las unidades ambientales biofísicas (UAB) que se involucran con las obras y/o actividades propuestas para su análisis y observancia.



Tabla III.2 Unidades ambientales biofísicas que aplican al proyecto

Clave región	UAB	Nombre de la UAB	Rectores del Desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del Desarrollo	Otros Sectores de Interés	Política Ambiental	Nivel de Atención Prioritaria	Estrategias Ecológicas
17.17	70	Sierras Orientales de Oaxaca Norte	Forestal	Agricultura - Preservación de Flora y Fauna	Ganadería - Minería - Poblacional - Turismo	-----	Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable	Media	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44
17.17	140	Sierras Orientales de Oaxaca Sur	Forestal	Desarrollo Social	Agricultura – Ganadería - Poblacional	Minería - SCT	Restauración y Aprovechamiento Sustentable	Muy Alta	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

A continuación, se prescriben las estrategias ecológicas que corresponden a la Región Ecológica 17.17 integrada por las unidades ambientales biofísicas (UAB) 70 y 140 denominadas: “Sierras Orientales de Oaxaca Norte” y “Sierras Orientales de Oaxaca Sur”.

Tabla III.3 Estrategias de la Región Ecológica 17.17

ESTRATEGIAS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 17.17	
1. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio.	UAB
A. DIRIGIDAS A LA PRESERVACIÓN	
1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	70
2. Recuperación de especies en riesgo.	70
3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	70
B. DIRIGIDAS AL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	70, 140
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	70, 140
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	70, 140
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	70, 140

ESTRATEGIAS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 17.17	
8. Valoración de los servicios ambientales.	70, 140
C. DIRIGIDAS A LA PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	
9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobre explotados.	70, 140
10. Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos para su protección.	70, 140
11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	70, 140
12. Protección de los ecosistemas.	70, 140
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	70, 140
D. DIRIGIDAS A LA RESTAURACIÓN	
14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios.	70, 140
E. DIRIGIDAS AL 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.	70, 140
15 BIS. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	70, 140
21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	70
22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	70
23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	70
2. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana.	UAB
A. SUELO URBANO Y VIVIENDA	
24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	70, 140
B. ZONAS DE RIESGO Y PREVENCIÓN DE CONTINGENCIAS	
25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.	70, 140
26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.	70, 140
C. AGUA Y SANEAMIENTO	
27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	70, 140
28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	70
29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	70
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.	140
31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	140
32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el	140

ESTRATEGIAS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 17.17	
desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	
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.	70, 140
34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.	70, 140
35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	70, 140
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.	70, 140
37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	70, 140
38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	70, 140
39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.	140
40. Atender 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.	70, 140
41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	70, 140
3. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.	UAB
A. MARCO JURÍDICO	
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	70, 140
B. PLANEACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	70, 140
44. Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	70, 140

**ARGUMENTACIÓN:** El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), 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.

El objeto del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 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;
- Apoyar la resolución de los conflictos ambientales; y,
- Promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la administración pública federal (APF).

De lo anterior, y como resultado del análisis realizado a este instrumento político ambiental se identificó que uno de los objetivos que persigue la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para el desarrollo de infraestructura carretera, es lo que establece la estrategia ecológica número 30, la cual, favorece la realización del proyecto. Tal estrategia refiere a la letra: “construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración inter e intrarregional”. Esto último, mediante acciones que ayuden a cumplir con los objetivos planteados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Algunas de las acciones de la estrategia ecológica 30 que favorecen el desarrollo del proyecto son las siguientes:

Tabla III.4 Acciones de la estrategia ecológica número 30

Estrategia	Acciones	Vinculación con el proyecto
<p>Estrategia 30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración inter e intrarregional</p>	<p>Modernizar los corredores troncales transversales y longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del territorio.</p>	<p>Estas acciones se encuentran establecidas como objetivos a cumplir en los Programas Nacionales de Infraestructura, Sectorial de Comunicaciones y Transportes y Carretero del período 2007-2012, así como también en el Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016 y el Plan Regional de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016: Región Istmo, este último, de manera más específica señala como objetivo la conclusión de proyectos ya iniciados de construcción y modernización de carreteras troncales, alimentadoras y caminos rurales, como es el caso del proyecto “Mitla-Tehuantepec”. Lo anterior permite evidenciar la búsqueda de objetivos, sinergia, coordinación y corresponsabilidad entre las instancias gubernamentales involucradas, mismas que promueven y ejecutan programas en el ejercicio de sus atribuciones, tal como lo establece el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Por tanto, el proyecto no encuentra en esta acción limitación legal alguna para su ejecución. (Los programas aquí mencionados se analizan más adelante en este capítulo).</p> <p>La construcción del proyecto “Mitla-Tehuantepec” se inicia en el año 2003, mucho antes del decreto de este ordenamiento (POEGT-07sept12). No obstante, por la topografía del lugar su diseño contempla la construcción de puentes y obras de drenaje en los sitios donde se localizan ríos con la finalidad de evitar su desviación, contaminación, desecamiento u obstrucción. En los corredores biológicos identificados se proponen pasos de fauna para evitar interrumpir significativamente la vida silvestre de la zona. De igual forma, como el área de estudio es susceptible a derrumbes o deslizamientos en el contenido del capítulo VI se describen específicamente las medidas adecuadas para prevenir la susceptibilidad en la zona durante la ejecución del proyecto. Es importante indicar que el proyecto no interviene en algún área natural protegida de la entidad, sin embargo, por su ubicación en el corredor</p>
	<p>Construir y modernizar la infraestructura carretera para las comunidades rurales, en especial en las más alejadas de los centros urbanos.</p>	
	<p>Promover que en el diseño, construcción y operación de carreteras y caminos, se evite interrumpir corredores biológicos y cauces de ríos, cruzar áreas naturales protegidas, así como, atravesar áreas susceptibles a derrumbes o deslizamientos.</p>	

Estrategia	Acciones	Vinculación con el proyecto
		biológico de Oaxaca, de igual forma, se proponen una serie de medidas de mitigación encaminadas al cuidado y protección de la zona, a través de los pasos de fauna.

Asimismo, al proyecto le es favorable lo que se establece para el sector carretero en el punto 4.9.1 “México Próspero” del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y que a la letra refiere: “Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y CONCLUIR AQUELLOS QUE SE ENCUENTREN PENDIENTES”. Es importante señalar que el proyecto “Mitla – Tehuantepec” tiene como finalidad comunicar a la Región Valles Centrales con el Istmo del Estado de Oaxaca y también formar parte del Eje México –Oaxaca–Mitla–Tehuantepec–La Ventosa–Arriaga–Tapachula–Cd. Hidalgo – Guatemala.

### III.3.2 Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) del Estado de Oaxaca

Actualmente el estado de Oaxaca no presenta algún instrumento político ambiental que regule los diferentes usos de suelo existentes en la entidad y en consecuencia sean aplicables a las obras y/o actividades que el proyecto plantea en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional (MIA-R). Lo anterior, se corrobora en el portal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y en la página del Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable de Oaxaca, específicamente en las siguientes direcciones electrónicas:

<http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Paginas/ODecretados.aspx>

[http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Paginas/O\\_Eco\\_P\\_Formulaci%  
.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Paginas/O_Eco_P_Formulaci%c3%b3n.aspx) y

<http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/>

Por lo antes expuesto, las obras y/o actividades que propone el proyecto para la construcción de esta vía general de comunicación no presentan restricción legal alguna para su ejecución.

### III.4 Áreas Naturales Protegidas<sup>6,7</sup>

Acorde a lo que establece la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), en el Estado de Oaxaca se ubican un total 08 áreas naturales protegidas de competencia federal y son las

<sup>6</sup> Página Web <http://www.conanp.gob.mx/sig/>

<sup>7</sup> Página Web [http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/rec\\_nat/images/ANP\\_s.pdf](http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/rec_nat/images/ANP_s.pdf)

siguientes: 01 Reserva de la Biosfera “Tehuacán-Cuicatlán”; 03 Parques Nacionales “Huatulco” “Benito Juárez” y “Lagunas de Chacahua”; 01 Monumento Natural “Yagul”; y 01 Área de Protección de Flora y Fauna “Boquerón de Tonalá” y 02 Santuarios “Playa de Escobilla” y “Playa de la Bahía de Chacahua”. De igual forma, conforme al Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Oaxaca existen un total de 06 ANPs de competencia estatal; las cuales son, 03 Parques Estatales “Cerro Ta Mee”, “Hierva el Agua” y “Cerro del Fortín” y 03 Reservas Ecológicas “Parque Ecológico Regional del Istmo”, “La Sabana” y “Cerro del Fortín, Cruz Blanca y Cerro del Crestón”.

Con relación al presente apartado, la ejecución del proyecto no alterará y/o afectará en su entorno alguna área natural protegida de competencias estatal y/o federal ubicadas en el estado de Oaxaca, esto, debido a que la ubicación del trazo propuesto no interviene dentro del territorio establecido de alguna de las áreas naturales protegidas existentes en el estado; por lo tanto, en lo que se refiere a áreas naturales protegidas, el proyecto no presenta inconveniente legal alguno para su ejecución.

### III.5 Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)<sup>8</sup>

De acuerdo a los datos registrados en la Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO), el Estado de Oaxaca presenta un total de 32 zonas en total, de las cuales 08 son Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), 06 son Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), 10 son Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) y 08 Regiones Marinas Prioritarias (RMP).

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

El Proyecto de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) cubre varios propósitos:

- Ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación.
- Ser una herramienta para los profesionales dedicados al estudio de las aves que permita hacer accesible a todos, datos importantes acerca de la distribución y ecología de las aves en México.

---

<sup>8</sup> Página Web <http://www.conabio.gob.mx/>



- Ser una herramienta de difusión que sea utilizada como una guía para fomentar el turismo ecológico tanto a nivel nacional como internacional.
- Ser un documento de renovación periódica que permita fomentar la cooperación entre los ornitólogos y los aficionados a las aves, para lograr que este documento funja siempre como una fuente actualizada de información.
- Fomentar la cultura "ecológica", especialmente en lo referente a las aves, sirviendo como herramienta para la formación de clubes de observadores de aves, y de otros tipos de grupos interesados en el conocimiento y la conservación de estos animales.

Con relación a lo anterior, el Tramo 2 del proyecto Mitla-Tehuantepec se localiza dentro del territorio físico del Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) “Sierra Norte” y de la Región Terrestre Prioritaria “Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe”, como puede visualizarse en las siguientes imágenes:

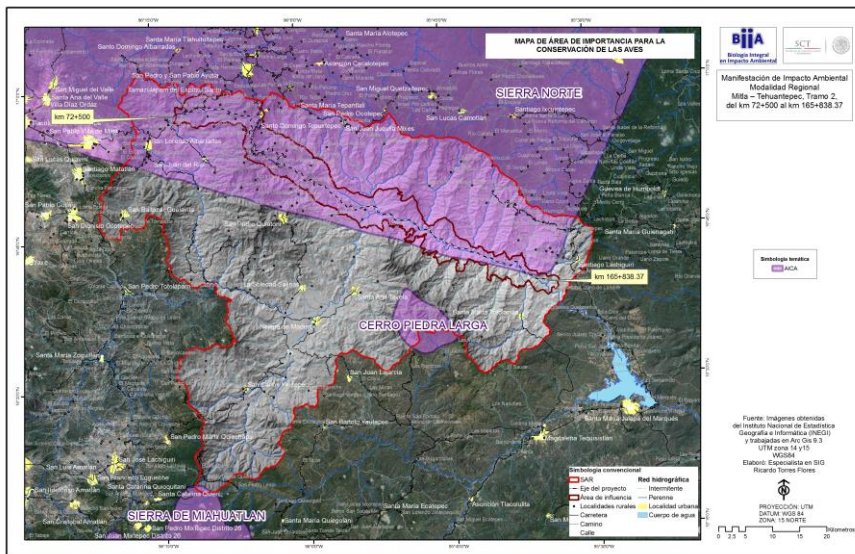


Imagen III.2 AI  
CA Sierra Norte,  
en ella se observa  
la ubicación del  
proyecto “Mitla-  
Tehuantepec”

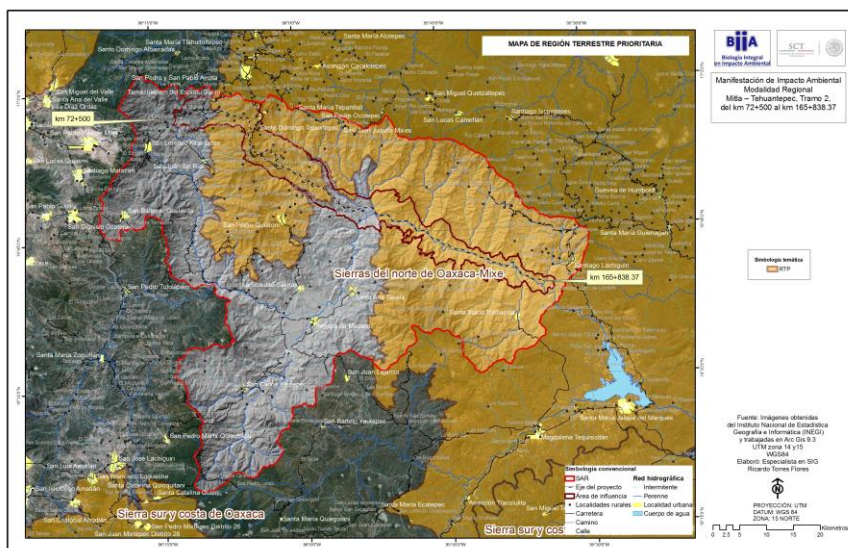


Imagen III.3 R  
TP Sierras de  
Norte de Oaxaca  
Mixe. Ubicación  
del proyecto  
dentro del  
polígono  
territorial de esta  
región.

Respecto a las regiones prioritarias que se ven involucradas, la realización del proyecto no presenta inconveniente legal alguno para su ejecución, a razón de que estas zonas no presentan un Decreto y/o Programa de Manejo que regule los usos de suelo y las actividades económicas que ahí se pretenden. Únicamente son Programas para la Conservación de la Biodiversidad que orientan a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. No obstante, en el contenido del Capítulo VI de la presente MIA-R se proponen acciones para amortiguar y compensar los impactos ambientales temporales y no temporales que el proyecto ocasionará durante su realización.

### III.6 Corredores Biológicos<sup>9</sup>

Conforme a lo que establece la página web de la Biodiversidad Mexicana “actualmente el nombre de “corredor biológico, corredor ecológico o corredor de conservación” se utiliza para nombrar una gran región a través de la cual las áreas protegidas existentes (parques nacionales, reservas biológicas), o los remanentes de los ecosistemas originales, mantienen su conectividad mediante actividades productivas en el paisaje intermedio que permiten el flujo de las especies”. La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo define a un corredor biológico como “un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat, naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos”.

#### CORREDOR BIOLÓGICO MESOAMERICANO.

El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) es un sistema de ordenamiento territorial, integrado por cuatro tipos de áreas naturales: las áreas núcleo, que son exclusivamente para la conservación de ecosistemas y especies y en las que no se permiten actividades humanas; las áreas de amortiguamiento, que son de usos restringidos; los corredores propiamente dichos, que son áreas que facilitan el movimiento, dispersión y migración de especies, en las que se presentan actividades humanas de bajo impacto y; áreas de uso múltiple que pueden incluir zonas dedicadas a diversas actividades como agricultura, ganadería, pesca, manejo forestal, etc. El CBM fue establecido en 1997 por los gobiernos de los países que conforman la región mesoamericana: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y México. Sus objetivos son mantener la diversidad biológica, disminuir la fragmentación y mejorar la conectividad del paisaje y los ecosistemas; promover procesos productivos sustentables que mejoren la calidad de vida de las poblaciones humanas locales que usan, manejan y conservan la diversidad biológica.

---

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredorbiomeso.html>  
<http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/cbmm.htm>

## CORREDOR BIOLÓGICO MESOAMERICANO MÉXICO (CBMM).

El Corredor Biológico Mesoamericano México (CBMM) forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) y es el espacio en el que confluye el quehacer de un conjunto diverso de actores en zonas de particular valor para la conservación de la biodiversidad, zonas que constituyen importantes funciones de conectividad entre Áreas Protegidas en estados del Sureste de nuestro país. En 2009 el CBMM es acogido por la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad con el fin de impulsar esta nueva herramienta de conservación en territorio mexicano: los corredores biológicos. Los ejes de dicha estrategia parten de la convicción de que la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad no es posible si no se trabaja al mismo tiempo en reducir la pobreza y en fortalecer la viabilidad económica de las poblaciones rurales. El CBMM contribuye de manera cotidiana a la agenda ambiental global a partir de la aplicación de un modelo integral destinado a detener el ensanchamiento de la frontera agropecuaria, proteger nuestros remanentes de selvas y bosques y adoptar sólidas medidas frente al fenómeno de cambio climático.

Objetivos y área de trabajo:

- Fortalecer las capacidades locales en el uso sustentable de los recursos naturales y promover la conservación de los mismos para que las futuras generaciones puedan aprovecharlos.
- Servir como instrumento para que los recursos del gobierno (públicos) apoyen a las comunidades y a la conservación de la biodiversidad.

El Corredor Biológico Mesoamericano México (CBMM) opera desde el 2001 en cinco corredores ubicados en los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán.

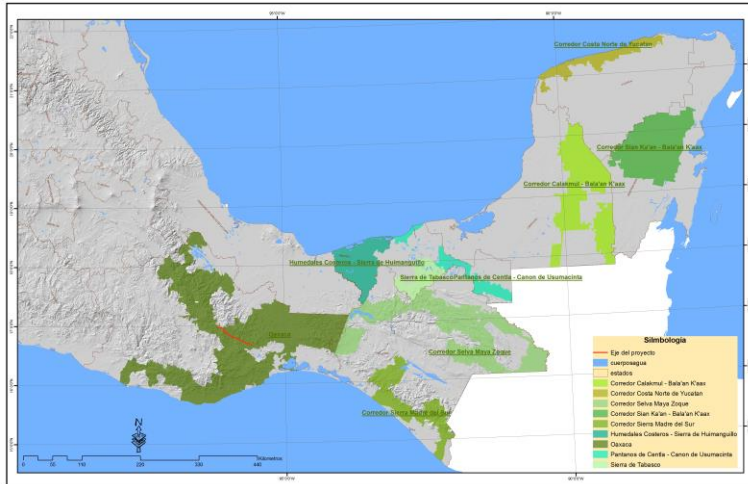
- Selva Maya Zoque (Norte de Chiapas)
- Sierra Madre del Sur (Sur de Chiapas)
- Sian Ka'an - Calakmul (Campeche)
- Sian Ka'an - Calakmul (Quintana Roo)
- Costa Norte de Yucatán (Yucatán)

A partir del año 2009 se incorpora el estado de Tabasco con tres corredores:

- Humedales Costeros-Sierra de Huimanguillo
- Pantanos de Centla - Cañón de Usumacinta
- Sierra de Tabasco



En el 2010 se inician acciones de colaboración con Oaxaca. En las siguientes imágenes se visualiza la ubicación de los Corredores Biológicos que conforman el Corredor Biológico Mesoamericano México (CBMM), así mismo, se observa la localización del proyecto “Mitla-Tehuantepec” (línea color roja) dentro del Corredor Biológico Oaxaca.



Los corredores son áreas, generalmente alargadas, que conectan dos o más regiones. Pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles por debajo de carreteras, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques naturales. El requisito indispensable es que mantengan la conectividad entre los extremos

para evitar el aislamiento de las poblaciones.

Imagen III.4 Distribución de los Corredores que forman parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBMM)

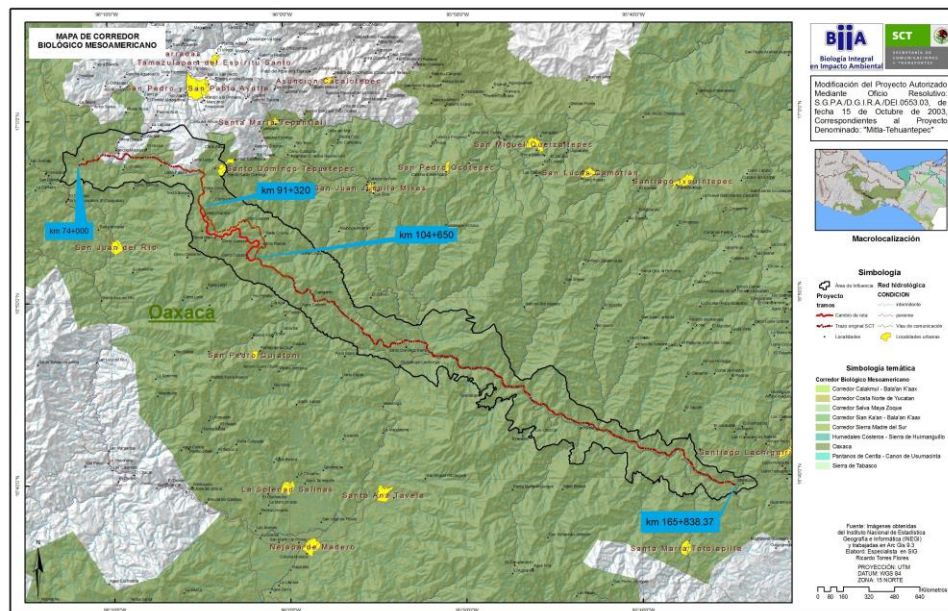


Imagen III.5 Ubicación del proyecto dentro del Corredor Biológico Oaxaca

De lo antes expuesto, se concluye lo siguiente:

Dadas las condiciones actuales que presenta el “corredor biológico Oaxaca” (ver diagnóstico ambiental del capítulo IV), para mitigar los impactos ambientales temporales y no temporales que la construcción del Tramo 2 del proyecto Mitla-Tehuantepec ocasionará en la zona de estudio, en el contenido del Capítulo VI de la presente MIA-R se prescriben las medidas adecuadas para prevenir, atenuar y compensar dichos impactos ambientales.

### III.7 Zonas Arqueológicas

De acuerdo a la información proporcionada por el promovente del proyecto, en algunas partes del trazo proyectado, existen algunos vestigios arqueológicos de competencia del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Por dicho motivo, según el Oficio Numero 3.4.104.823 de fecha 04 de octubre de 2010 expedido por la Coordinación de Proyectos para Prestación de Servicios de la SCT, existe un convenio de colaboración entre el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) que respalda el “proyecto de salvamiento arqueológico” efectuado en el tramo carretero Mitla-Entronque Tehuantepec II a través de la Dirección de Salvamiento Arqueológico del INAH, de lo cual, a la fecha se tiene el siguiente resultado:

*“Liberación de los tramos: del km 62+360 al 76+640, del km 78+000 al 137+500, del km 138+500 al 155+000, del km 155+500 al 160+000 y del km 160+500 al 177+000, donde no hay inconveniente para que se inicien los trabajos de construcción, siempre y cuando se cumpla con los requisitos indicados en el Oficio Número 401-431D-913 expedido por la Dirección de Salvamento Arqueológico del INAH de fecha 13 de agosto de 2010”. (Ver oficios en el anexo del capítulo III).*

Es importante referir que actualmente el promovente está en gestiones ante el INAH para la liberación de los tramos faltantes.

Por lo antes razonado, se recomienda efectuar los requerimientos que el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) exhorte al promovente con respecto a los vestigios arqueológicos que la misma Dirección de Salvamento Histórico ha identificado en la zona donde se ubica el proyecto.

### III.8 Programas de Desarrollo Sustentable

Los planes y programas son instrumentos que permiten desarrollar las estrategias e instrumentos que fomentan y orientan el desarrollo de un país; su condición como instrumentos de carácter inductivo, son sin duda elementos que fortalecen y favorecen el desarrollo de proyectos de inversión; por ello, es importante identificar y analizar los diferentes instrumentos de planeación que

ordenan la zona donde se pretende desarrollar el proyecto, a fin de sujetarse a los lineamientos de cada programación con validez legal.

### **III.8.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND). Publicado en Diario Oficial de la Federación el 20-mayo-2013.**

Con respecto a infraestructura de transporte el recientemente publicado Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 especifica entre sus objetivos, estrategias y líneas de acción lo siguiente: “

#### **VI.4. MÉXICO PRÓSPERO**

**OBJETIVO 4.9.** “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

**ESTRATEGIA 4.9.1.** Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia.

#### **LÍNEAS DE ACCIÓN:**

- Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.
- Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros.

#### **SECTOR CARRETERO**

- Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes.
- Mejorar y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores.
- Conservar y mantener en buenas condiciones los caminos rurales de las zonas más marginadas del país, a través del Programa de Empleo Temporal (PET).
- Modernizar las carreteras interestatales.
- Llevar a cabo la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos.
- Ampliar y construir tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.
- Realizar obras de conexión y accesos a nodos logísticos que favorezcan el tránsito intermodal.

- Garantizar una mayor seguridad en las vías de comunicación, a través de mejores condiciones físicas de la red y sistemas inteligentes de transporte.

### III.8.2 Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones (PIITC). 2013-2018

El programa de inversiones en infraestructura de transporte y comunicaciones 2013-2018 presenta objetivos a lograr en el sector en seis ejes: carreteras, tren de pasajeros y de carga, puertos, aeropuertos, aeropuertos, comunicaciones y sector comunicaciones y transportes.

CARRETERAS: En cuestión de carreteras establece:

- Contar con una red troncal carretera segura, completa y en buen estado que conecte las regiones estratégicas y que permita disminuir los costos de transporte y tiempos de traslado.
- Completar en altas especificaciones los tres corredores troncales más importantes (México - Nogales, México - Nuevo Laredo y Altiplano).
- Acercar a las comunidades más alejadas mediante la construcción y modernización de caminos rurales.
- Apoyar la modernización del parque vehicular de autotransporte federal que es el principal modo de transporte de personas y bienes, a través de un esquema de chatarrización (estímulos fiscales y crédito) para reducir la edad promedio de las unidades, especialmente las del hombre-camión y pequeño transportista.

BENEFICIOS: Algunos de los beneficios que pretende alcanzar el sector comunicaciones y transportes son los siguientes:

- Disminución de costos y tiempos en el traslado de personas y bienes a través de la construcción y modernización de 17 mil km de autopistas, carreteras y caminos rurales que conectan las 32 entidades federativas y las ubicaciones estratégicas de un nuevo Sistema Nacional de Plataformas Logísticas.
- Conexión a las fronteras y puertos con tramos estratégico de los 14 principales corredores troncales carreteros completos con altas especificaciones<sup>1</sup> y puentes vehiculares.
- Mejorar las condiciones de la red carretera federal enfocando el programa de conservación carretera a la atención de puntos de conflicto y con la implementación de sistemas de tecnología inteligente para reducir el número de accidentes.

Entre los compromisos y proyectos estratégicos del PIITC se establecen los siguientes:



7.2 Compromisos y proyectos estratégicos: Carreteras y autopistas			Autopistas
CÓDIGO	PROYECTO	ESTADO	
CG-022	Construcción de la carretera Cardel - Poza Rica (primera etapa)	Veracruz	
CG-023	Construcción de la autopista Tuxpan - Tampico	Veracruz	
CG-026	Continuar la construcción de la autopista Jala - Compostela - Bahía de Banderas <sup>T</sup>	Nayarit	
CG-040	Construcción del Viaducto Elevado sobre la autopista México - Veracruz, tramo Planta VW - Estadio Cuauhtémoc o la opción que técnicamente mejor resulte	Puebla	
CG-070	Ampliar a 6 carriles la autopista Colima - Guadalajara, en el tramo Colima - Tonilá	Colima	
CG-074	Ampliar a 6 carriles la autopista Colima - Guadalajara, en el tramo Manzanillo - Colima (primera etapa)	Colima	
CG-080	Continuar con la modernización de la carretera Pachuca - Huejutla	Hidalgo	
CG-111	Modernizar la carretera Tuxtla Gutiérrez - Villaflores	Chiapas	
CG-131	Modernizar la carretera Tampico - Ciudad Victoria - Límite con el Estado de Nuevo León, primera etapa	Tamaulipas	
CG-156	Autopista Zitácuaro - Valle de Bravo <sup>T</sup>	México - Michoacán	
CG-171	Infraestructura Tulum y Solidaridad <sup>T</sup>	Quintana Roo	
CG-211	Concluir la carretera Oaxaca - Istmo <sup>T</sup>	Oaxaca	
CG-213	Concluir la carretera Oaxaca - Puerto Escondido <sup>T</sup>	Oaxaca	
CG-217	Autopista Siglo XXI	Morelos	
CG-234	Modernizar y ampliar la carretera Palenque - San Cristóbal de las Casas (primera etapa) <sup>T</sup>	Chiapas	
PEF 2013	Mazatlán - Durango	Sinaloa - Durango	
P.E.	Viaducto Tlalpan - salida a Cuernavaca	Distrito Federal	

■ Compromisos Presidenciales, P.E.: Proyecto Estratégico, T: Proyecto Turístico

Imagen III.6

Imagen que muestra entre los objetivos que persigue el PIITC la conclusión de la carretera Oaxaca-Istmo

### III.8.3 Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2014-2018

En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND 2013-2018) se vislumbra como metas nacionales un “México Próspero” y un “México Incluyente”, donde se considera que una infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos, fomentan la competitividad y conectan el capital humano con las oportunidades que genere la economía. Asimismo, se prevé apoyar el desarrollo de infraestructura con una visión de largo plazo, basada en tres ejes rectores: i) desarrollo regional equilibrado, ii) desarrollo urbano y iii) conectividad logística.

En busca de un desarrollo económico más equitativo e incluyente de todas las regiones del país, este Programa contempla como una prioridad el impulso de la Estrategia Transversal Sur-sureste, la cual considera el impulso al desarrollo de dicha región a través de grandes obras de infraestructura en los sectores seleccionados.

La región sur-sureste presenta escasa conectividad entre las distintas zonas que la integran. Los principales problemas que explican este fenómeno son: la falta de infraestructura carretera en la región y la ausencia de sistemas de transporte adecuados. Adicionalmente, el desarrollo de infraestructura en la región se enfrenta al reto de la dispersión de la población, la lejanía entre ésta y los centros de producción, la sinuosidad orográfica, así como la presencia constante de fenómenos meteorológicos que afectan las vías de comunicación.

Para las obras y actividades que comprende el proyecto, a continuación se describe el objetivo, la estrategia y las líneas de acción que este programa establece para el desarrollo de infraestructura carretera:

**OBJETIVO 1.** Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social.

**ESTRATEGIA.** Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.

**LÍNEAS DE ACCIÓN.**

1.1.1. Mejorar la competitividad y eficiencia de la red de transportes a través del desarrollo de infraestructura integral, multimodal y que agregue valor.

1.1.2. Consolidar corredores logísticos nacionales mediante infraestructura que estructure el territorio nacional en ejes longitudinales y transversales que fortalezcan las cadenas de suministro.

1.1.3. Facilitar el comercio exterior desarrollando proyectos que agilicen los flujos internacionales de carga y descongestionen los accesos a puertos fronterizos marítimos y terrestres.

1.1.4. Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.

Asimismo, establece como uno de sus principales proyectos de inversión:

- **CONCLUIR LA CARRETERA OAXACA - ISTMO.** Con una inversión de 9,180 MDP, de 2013 a 2016. Permitirá vincular el interior del Estado de Oaxaca y facilitará la accesibilidad al puerto de Salina Cruz.

En la siguiente imagen tomada del Plan Nacional de Infraestructura (PNI) se visualizan los proyectos que señala este documento de planeación. En él puede observarse la ruta Oaxaca Istmo.



VINCULACIÓN DE LOS PLANES Y PROGRAMAS NACIONALES 2013-2018 CON EL PROYECTO: El plan y programas de planeación antes descritos plantean mejorar la conectividad entre las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del país y ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población, contribuir a la integración de las distintas regiones del país y disminuir los costos de transporte y tiempos de traslado; por lo anterior, la conclusión del proyecto carretero encuentra relación con los objetivos y estrategias de estos documentos de planeación.

ASIMISMO, como evidencia del propósito de la administración federal por desarrollar el proyecto se presentan los programas nacionales correspondientes al periodo gubernamental 2007-2012, por contemplarse en ellos la ejecución del tramo Mitla-Entronque Tehuantepec.

#### III.8.4 Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (PNI). Publicado en SCT 19 de julio del 2007

El Programa Nacional de Infraestructura 2007- 2012 deriva del Plan Nacional de Desarrollo, y tiene como objetivo aumentar la cobertura, la calidad y competitividad de la infraestructura del país, por lo que se constituye como un elemento fundamental para elevar el crecimiento, generar más y mejores empleos y alcanzar el desarrollo humano sustentable.

ESTRATEGIA SECTORIAL: Entre los elementos más destacables de la planeación estratégica establecida en este Programa están los siguientes:

a) Ampliación de la red carretera: La meta es construir o modernizar 17.6 miles de kilómetros de carreteras y caminos rurales. En particular, se impulsará el desarrollo de 100 carreteras que deberán estar completamente terminadas al final de la Administración (12.3 miles de kilómetros).

Ello incluye:

- Modernización estratégica de la red. El objetivo es construir y ampliar tramos carreteros de altas especificaciones, especialmente en los corredores troncales, transversales y longitudinales, que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del país.
- Libramientos y accesos. Se pretende mejorar la continuidad en el flujo y la conectividad de la red carretera.
- Construcción y modernización de carreteras interestatales. El objetivo es integrar ejes interregionales y mejorar la comunicación dentro de las regiones.
- Obras complementarias federales. Se impulsarán diversos proyectos carreteros para eliminar cruces conflictivos, mejorar tramos y atender problemas locales.
- Caminos rurales y alimentadores. Se continuará impulsando el desarrollo de este tipo de infraestructura carretera que beneficia principalmente a comunidades rurales.

ESTRATEGIA REGIONAL: REGIÓN SUR-SURESTE: Como parte del programa de construcción y modernización de carreteras, se llevarán a cabo los proyectos Oaxaca-Salina Cruz, Acayucan-La Ventosa, Arriaga-La Ventosa y Arriaga-Ocozocoautla, lo que permitirá concluir el Corredor Transistmico. También se desarrollará la carretera Veracruz-Tampico y tramos de las rutas Villahermosa-Mérida, Chetumal-Cancún y Villahermosa-Chetumal, así como San Cristóbal de las Casas- Tapachula. Se avanzará también en las rutas Lázaro Cárdenas-Acapulco y Oaxaca-Huatulco.

PROYECTOS ESTRATÉGICOS: Estos proyectos se refieren a todas aquellas iniciativas de inversión de carácter estratégico para el cumplimiento de las metas de largo plazo establecidas en la planeación del desarrollo, incluyendo proyectos ancla. Estos proyectos tendrán la máxima prioridad en la asignación de recursos presupuestarios o, en su caso, en la determinación de los proyectos de participación pública y privada que se impulsarán con los recursos disponibles. El Gabinete de Infraestructura y Turismo dará un seguimiento puntual a cada uno de estos proyectos, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- i. Los proyectos de modernización estratégica de la red carretera, que son parte de los 100 proyectos de carreteras completas, incluyendo los siguientes:
- Durango-Mazatlán
  - Nuevo Necaxa-Tehuatlán (parte del corredor México-Tuxpan)
  - **Oaxaca-Salina Cruz (tramo Mitla-Tehuantepec)**
  - Guadalajara-Colima
  - Tepic-Villa Unión
  - Morelia-Salamanca
  - Arriaga-Ocozocoautla
  - Coatzacoalcos-Salina Cruz
  - Veracruz-Tampico
  - Arco Norte de la Zona Metropolitana del Valle de México



Imagen III.7 Distribución de los proyectos carreteros establecidos en la Región Sur-Sureste del PNI 2007-2012

## Carreteras (16/19) Región Sur-Sureste

Nombre / descripción	Entidad federativa	Monto total de inversión (miles de millones de pesos)	Fuente / esquema de financiamiento	Fecha de realización	
				Inicio	Término
<b>Oaxaca-Salina Cruz, tramo Mitla-Entronque Tehuantepec</b> Construcción a 12 metros (163 km)	Oaxaca	4.0	PPS	2008	2009
<b>Oaxaca-Puerto Escondido</b>					
<b>Oaxaca-Ejutla de Crespo</b> Ampliación a 12 metros (70 km)	Oaxaca	1.0	PEF	2009	2011
<b>Ejutla-Puerto Escondido</b> Construcción a 12 metros (104 km)	Oaxaca	2.5	Estatad	2008	2011
<b>Libramiento de Ocotlán de Morelos</b> Construcción a 12 metros (16 km)	Oaxaca	0.3	PEF	2009	2010

Imagen III.8 Relación de proyectos establecidos en la Región Sur-sureste del PNI-2007-2012

### III.8.5 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012 (PSCT). Decreto por el que se aprueba DOF 18 Enero 2008

#### Visión del sistema carretero:

Contar con un sistema carretero de gran cobertura, calidad y seguridad que apoye la competitividad y la eficiencia de la economía y los sectores que la componen, que contribuya a eliminar desequilibrios y a potenciar el desarrollo regional mejorando el acceso a zonas rurales marginadas, con énfasis en el uso eficiente de los recursos, la atención al usuario, la protección al medio ambiente, y el desarrollo de proyectos que contribuyan al reordenamiento territorial y la eficiencia operativa y conexión de corredores (libramientos, entronques, distribuidores y accesos), considerando como ejes rectores la colaboración con el sector privado, la transparencia y la rendición de cuentas.

Uno de los objetivos de este programa es “construir y modernizar la red carretera federal a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de las distintas regiones del país”, mismo que presenta como estrategia “modernizar los corredores troncales y transversales y longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del país con carreteras de altas especificaciones”, esto, mediante la línea de acción que refiere “ampliar y construir tramos carreteros con el esquema de Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)”.

En el cuadro siguiente puede observarse que el proyecto se encuentra contemplado dentro de los objetivos del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012.



**OBRAS A MODERNIZAR CON EL ESQUEMA DE PROYECTOS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS**

PROYECTO	ENTIDAD FEDERATIVA	TIPO DE OBRA	ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO
Tapachula-Talismán-Ciudad Hidalgo	Chiapas	Ampliación a 12 metros y 4 carriles	PPS
Río Verde-Ciudad Valles	San Luis Potosí	Construcción 2 carriles	PPS
Querétaro-Irapuato	Querétaro/Guanajuato	Ampliación a 4 carriles	PPS
Nueva Italia-Apatzingán	Michoacán	Ampliación a 4 carriles	PPS
Irapuato-La Piedad	Guanajuato	Ampliación a 4 carriles	PPS
Mitla-Entronque Tehuantepec II	Oaxaca	Construcción 2 carriles	PPS
Nuevo Necaxa-Tehuacán	Puebla/Veracruz	Construcción 2 y 4 carriles	PPS

Fuente: SCT, Subsecretaría de Infraestructura.

Imagen III.9 Relación de los proyectos determinados en el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012

**III.8.6 Programa Carretero 2007-2012 (PC). 19 de julio de 2007**

El programa carretero 2007-2012 presenta como uno de sus objetivos: extender la comunicación y eliminar el aislamiento de las comunidades rurales. Está compuesto por los siguientes subprogramas: conservación de la red federal de carreteras (para la preservación del patrimonio vial); modernización estratégica de la red (para ampliar y construir tramos de altas especificaciones, sobre todo en corredores); libramientos y accesos (para mejorar la conectividad de/hacia las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos); carreteras interestatales (para integrar ejes interregionales y mejorar la comunicación en regiones con potencia de desarrollo); obras complementarias federales (para eliminar cruces conflictivos, mejorar pequeños tramos y atender problemas locales) y caminos rurales y alimentadores (para dar acceso a comunidades aisladas).

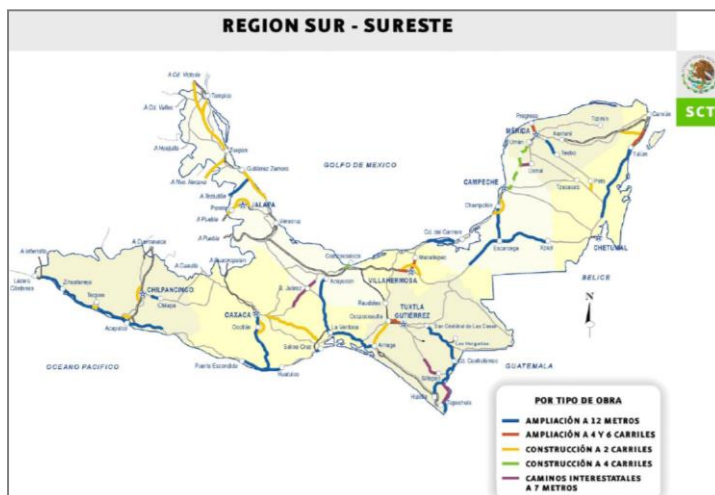


Imagen III.10 Distribución de los proyectos carreteros del Programa Carretero 2007-2012

En la imagen se observa que el proyecto Mitla-Tehuantepec se encuentra contemplado dentro del Programa Carretero 2007-2012.

## REGIÓN SUR-SURESTE

Proyecto	Tipo de Obra	Esquema de Financiamiento	Longitud (km)	Inversión 2007-2012 (mdp)	Justificación
<b>OAXACA</b>			<b>764.0</b>	<b>10,786.3</b>	
Acapulco-Huatulco					
Puerto Escondido-Huatulco	Ampliación a 12 metros	PEF	106.0	1,500.0	Apoyo al desarrollo turístico
Arriaga-La Ventosa					
Lim. Edos. Chia/Oax-La Ventosa	Ampliación a 12 metros	PEF	114.0	685.0	Eliminación de desequilibrios regionales
Oaxaca-Puerto Escondido					
Oaxaca-Ejutla de Crespo	Ampliación a 12 metros	PEF	70.0	1,000.0	Apoyo al desarrollo turístico
Libramiento de Ocotlán de Morelos	Construcción 2 carriles	PEF	16.0	300.0	Apoyo al desarrollo turístico
Ejutla-Puerto Escondido	Construcción 2 carriles	Gobiernos Estatales	104.0	2,500.0	Apoyo al desarrollo turístico
Coahuacoalco-Salina Cruz					
Lim. Edos. Ver/Oax-Ent. La Ventosa	Ampliación a 12 metros	PEF	106.0	1,060.0	Eliminación de desequilibrios regionales
Acceso al Puerto Salina Cruz	Ampliación a 12 metros	PEF	12.0	200.0	Conectividad de ciudades importantes
Oaxaca-Salina Cruz					
Mitla-Entronque Tehuantepec	Construcción 2 carriles	PPS	163.0	3,111.3	Eliminación de desequilibrios regionales



Imagen III.11 Relación de los proyectos carreteros del Programa Carretero 2007-2012

VINCULACIÓN DE LOS PROGRAMAS NACIONALES DE DESARROLLO 2007-2012 CON EL PROYECTO: Las obras y actividades que propone el proyecto encuentran relación directa con lo que establecen los documentos de planeación antes mencionados, por aparecer descrito en la lista en cada uno de ellos como proyecto: “Oaxaca-Salina Cruz (Tramo Mitla-Entronque Tehuantepec) y Mitla –Tehuantepec II respectivamente; por tanto, la construcción de esta vía general de comunicación no presenta inconveniente legal alguno para su ejecución.

### III.9 Planes Estatales de Desarrollo

#### III.9.1 Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016

El Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 en consonancia con las grandes directrices nacionales, así como con las especificidades sociales propias ha establecido cuatro políticas transversales que por su importancia cruzan a todo lo largo de la Administración Pública Estatal: Derechos Humanos, Equidad de Género, Pueblos Indígenas y Sustentabilidad. A su vez, dichas políticas se consideran de forma específica dentro de los cuatro ejes principales que agrupan los esfuerzos y señalan los grandes objetivos de este gobierno: “Estado de Derecho, Gobernabilidad y Seguridad”; “Crecimiento Económico, Competitividad y Empleo”; “Desarrollo Social y Humano”; y “Gobierno Honesto y de Resultados”; además de un apartado denominado: “Desarrollo Regional Equilibrado” en el cual se prescriben las principales características y áreas de oportunidad identificadas en cada una de las ocho regiones que conforman la entidad con el propósito de perfilar la estrategia general que el Gobierno del Estado seguirá para impulsar políticas públicas promotoras y compensatorias con un enfoque territorial.

En el punto 5.11.1.1 de “Impacto Ecológico” y el 5.11.1.3 de “Infraestructura Carretera y Telecomunicaciones” prescritos en el eje 5 denominado “Crecimiento Económico, Competitividad y Empleo”, se indica lo siguiente:

Eje 5 Crecimiento Económico, Competitividad y Empleo	
<p>Punto 5.11.1.1 “Impacto Ecológico”</p>	<p>En Oaxaca se carece de un plan de acción específico que minimice o compense el impacto ambiental del desarrollo de infraestructuras. Tampoco se cuenta con un programa de ordenamiento ecológico territorial estatal, en el que se consideren mecanismos que hagan compatibles las actividades humanas y el crecimiento de la infraestructura con la sustentabilidad ambiental.</p> <p>Respecto a la formulación de los planes municipales de ordenamiento ecológico territorial, sólo se han iniciado dos en la costa oaxaqueña (Santa María Tonameca y Santa Cruz Tututepec) y se ha iniciado la caracterización del de Valles Centrales, esto debido a la falta de recursos financieros y de capacidad técnica y administrativa institucional en los niveles estatal y municipal.</p> <p>Actualmente, persisten los problemas que acarrea el indiscriminado cambio de uso de suelo motivado por la expansión irregular de asentamientos humanos y por los cambios en las prácticas agrícolas y pecuarias, lo que a su vez provoca la sobreexplotación de los recursos naturales.</p>
<p>Punto 5.11.1.3 “Infraestructura Carretera y Telecomunicaciones</p>	<p>El estado físico de la infraestructura carretera del estado de Oaxaca es deficiente, debido a la escasez de recursos, la situación climática, la orografía del territorio, y la antigüedad de sus carreteras, caminos y puentes. El 63.2% de la infraestructura carretera del estado existe desde antes de 1992, un 9.9% se construyó entre 1992 a 1998, un 11.3% de 1998 a 2004 y un 15.6% de 2004 a 2010. Siendo el séptimo del país en red carretera con 23,934.5 kilómetros de vías terrestres.</p> <p>En la actualidad se encuentran pavimentados los accesos a 28 de las 30 cabeceras distritales en el Estado y se encuentra en proceso de pavimentación el camino a Villa Alta, con un avance de 96% y el de Choapam con 73%. De los 570 municipios que conforman el Estado de Oaxaca, 569 tienen acceso por vía terrestre, y el acceso al municipio de San José Independencia se encuentra en proceso de construcción, con un avance del 84%. Actualmente 315 municipios (55.3%) cuentan con acceso pavimentado, 88 municipios (15.4%) están en proceso de pavimentación y 167 Municipios (29.3%) se encuentran pendientes de pavimentar.</p> <p>El déficit en carreteras de primer orden y con especificaciones internacionales, ha frenado el desarrollo turístico, comercial, industrial y agropecuario, además de que obstaculiza la integración social y provoca pérdidas de tiempo en interconexión regional y foránea.</p>
<p>Punto 5.11.4 Objetivo, estrategia y línea de acción para la infraestructura carretera:</p>	<p><u>Objetivo 1</u> Ampliar la cobertura y mejorar la calidad de la infraestructura de servicios básicos, energética, de comunicaciones y de transporte, para elevar la calidad de vida de la población, garantizar el acceso de los habitantes de las localidades rurales y urbanas a estos satisfactores, e impulsar el desarrollo económico del estado, mediante políticas públicas de financiamiento e inversiones que incrementen sustancialmente los</p>

Eje 5 Crecimiento Económico, Competitividad y Empleo	
	<p>recursos públicos y privados en el sector.</p> <p><u>Estrategia 1.2</u> Modernización y restauración de las redes carretera, ferroviaria, portuaria y aeroportuaria, así como de los sistemas de transporte en el estado.</p> <p><u>Líneas de acción 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Red carretera restaurada y modernizada para mejorar la conectividad, brindando continuidad a la circulación mediante obras que permitan mejorar el acceso a las regiones, comunidades indígenas, ciudades, puertos y enlace con otras entidades, contribuyendo asimismo con la preservación del medio ambiente.</li> <li>• Gestión del sistema carretero modernizada, con el objeto de lograr una operación más eficiente y una mejora en la calidad de los servicios.</li> </ul>

VINCULACIÓN DEL PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2011-2017 CON EL PROYECTO: El presente documento de planeación establece como objetivo ampliar la cobertura de comunicaciones y transporte, a través de acciones de construcción y/ modernización de las mismas, con la intención de mejorar la conectividad, brindar continuidad al transporte público y/o privado, y traer como beneficio una disminución en los tiempos de recorrido, sin olvidar el cuidado del medio ambiente. De ahí que, se encuentre relación con las obras y/o actividades que propone el proyecto Mitla-Tehuantepec.

### III.9.2 Plan Regional de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016: Región Istmo

El presente Plan se deriva del Plan Estatal de Desarrollo, y por lo mismo el análisis de las problemáticas y las potencialidades, asimismo, el planteamiento de las propuestas a nivel regional, es acorde con los objetivos, estrategias y líneas de acción estatales, que se instrumentan y articulan mediante programas, proyectos y acciones estratégicas para cada espacio geográfico y poblacional. Con su formulación se busca establecer las bases para un desarrollo más equilibrado, no solo entre las distintas regiones de Oaxaca sino en el interior de los municipios y localidades que conforman dichas regiones. Se propone contribuir al cumplimiento del compromiso de construir un Oaxaca próspero y justo, en el que existen más y mejores oportunidades para toda la población.

#### 1.5. Infraestructura y servicios públicos.

##### 1.5.2. Principales problemas

##### 1.5.2.3. Accesibilidad

#### Red de carreteras troncales, alimentadoras y caminos rurales insuficiente y deteriorada

La red carretera troncal alimentadora y los caminos rurales resultan insuficientes para conectar a la región con el resto de las regiones y los estados de Chiapas y de Veracruz. Las construcciones de

proyectos carreteros son limitadas, entre otras causas por la alta dispersión poblacional, el entorno orográfico, las condiciones climatológicas y los fenómenos meteorológicos catastróficos. Adicionalmente, la presencia de conflictos agrarios obstaculiza el desarrollo de proyectos y la ejecución de programas de mantenimiento carretero.

El déficit de la red carretera pavimentada eleva los costos para iniciar o fortalecer las actividades comerciales y/o empresariales, enfrentándose a problemas relacionados con la logística, el transporte, la carga y la descarga, el almacenamiento, el financiamiento de inventario, los aranceles, el embalaje, la distribución, y la gestión y control de las operaciones.

En la región persiste el insuficiente desarrollo de la red carretera y de caminos rurales y alimentadores, además de que la infraestructura carretera requiere ampliación y mantenimiento.

El istmo es estratégico gracias a su ubicación, producción e infraestructura para la comercialización, por lo que requiere la conclusión de la supercarretera que lo conectará con la ciudad de Oaxaca.

Los principales proyectos carreteros inconclusos son:

- Carretera Oaxaca – Istmo de Tehuantepec, incluye la construcción de pasos peatonales y drenaje pluvial en la zona urbana de Tlacolula.
- Tramo Mitla – Entronque Tequisistlán – Entronque Tehuantepec II, funcionará como carretera de cuota, la cual forma parte del corredor Puebla - Oaxaca- Cd. Hidalgo.
- Carretera Arriaga – La Ventosa. Proyecto de modernización que facilitará el transporte de personas y bienes que transitan del centro de Chiapas hacia Oaxaca, así como sobre el corredor transístmico, que comunica con Salina Cruz, Coatzacoalcos, el Golfo y la zona centro del país.

## 2. PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO REGIONAL

### 2.1. Selección y análisis de problemas prioritarios

#### 2.1.4. Infraestructura y servicios públicos:

##### b) Red de carreteras troncales, alimentadoras y caminos rurales insuficiente y deteriorada.

- Alta dispersión geográfica de las poblaciones que multiplica los proyectos, atomiza las inversiones y retrasa la conclusión de las obras.
- Orografía accidentada que encarece la ampliación y modernización de la red troncal, alimentadora y de caminos rurales.
- Alta incidencia de fenómenos meteorológicos y escaso mantenimiento de la red carretera troncal, alimentadora y de caminos rurales.

- Conflictos sociales o agrarios con potencial de obstaculizar el desarrollo de proyectos y la ejecución de las obras.

2.2. Agenda de programas, proyectos y acciones:

1. Ámbito	Infraestructura y servicios públicos			
2. Tema asociado al PED 2011-2016	5.11. Ordenamiento Territorial e Infraestructuras			
3. Objetivo asociado al PED 2011-2016	5.11.01. Ampliar la cobertura y mejorar la calidad de la infraestructura de servicios básicos, energética, de comunicaciones y de transporte, para elevar la calidad de vida de la población, garantizar el acceso de los habitantes de las localidades rurales y urbanas a estos satisfactores, e impulsar el desarrollo económico del estado, mediante políticas públicas de financiamiento e inversiones que incrementan sustancialmente los recursos públicos y privados del sector.			
4. Principales problemas / potencialidades	Red de carreteras troncales, alimentadoras y caminos rurales insuficientes y deteriorados			
5. causas de los problemas / factores de las potencialidades	1 Alta dispersión geográfica de las poblaciones que multiplica los proyectos, atomiza las inversiones y retrasa la conclusión de las obras	2 Orografía accidentada que encarece la ampliación y modernización de la red troncal, alimentadora y de caminos rurales.	3 Alta incidencia de fenómenos meteorológicos y escaso mantenimiento de la red carretera troncal, alimentadora y de caminos rurales.	4 Conflictos sociales o agrarios con potencial de obstaculizar el desarrollo de proyectos y la ejecución de obras.
6. Alternativas para atender las causas / factores	Priorización, integración y ordenamiento estratégico de proyectos para hacer más eficiente el uso de los recursos públicos y mejorar la conectividad de la red alimentadora y de caminos rurales.	<b>Conclusión de proyectos ya iniciados de construcción y modernización de carreteras troncales, alimentadoras y caminos rurales; construcción y conclusión de autopistas de cuota con participación pública y privada.</b>	Priorización y ordenamiento estratégico del mantenimiento de la red troncal y alimentadora; programa especial de drenaje y reposición en puntos vulnerables por caídas de agua, fallas geológicas o deterioro crítico; consolidación del equipamiento y mejora operativa de los módulos de maquinaria; consolidación de mecanismo de participación social en la ejecución y vigilancia en el mantenimiento de caminos rurales.	Intermediación gubernamental, promoción de acuerdos y mecanismos de inclusión de las comunidades.
7. Localidades, zonas o microrregiones de implementación prioritaria	Localidades menores a 2,500 habitantes en microrregiones prioritarias.	Localidades mayores a 2,500 habitantes; conexiones entre principales polos de desarrollo regional.	Zonas serranas y localidades sujetas a riesgos meteorológicos.	Conexiones entre los principales polos de desarrollo regional.

VINCULACIÓN DEL PLAN REGIONAL DE DESARROLLO DE OAXACA 2011-2017 REGIÓN ISTMO CON EL PROYECTO: Conforme a lo que establece, el presente documento de planeación regional del Istmo de Tehuantepec, pretende la conclusión de proyectos ya iniciados y que por la orografía del lugar donde se plantearon no ha sido posible su terminación, como es el caso del presente proyecto. Por lo anteriormente fundado, la ejecución del proyecto carretero Mitla-Tehuantepec no presenta inconveniente legal alguno para su realización.



### III.10 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Conforme lo establece la LGEEPA, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalan su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación (Artículo 37 Bis). Las podemos clasificar en agua, ruido, atmósfera (por industria o vehículos automotores), recursos naturales, residuos peligrosos, materia fitosanitaria, materia zoonosanitaria, salud ambiental, pesca, ordenamiento ecológico e impacto ambiental, normas de emergencia o emergentes, entre otras.

#### III.10.1 Normas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

ALGUNAS de las normas oficiales mexicanas que deberán considerarse durante el desarrollo de los trabajos planteados por el proyecto son:

Tabla III.5 Normas en materia de flora y fauna

EN MATERIA DE FLORA Y FAUNA	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p><b>NOM-001-SEMARNAT-1996</b> <u>Publicada DOF 06/01/1997</u></p> <p>Esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.</p>	<p>Si el proyecto contempla descargar aguas residuales en bienes nacionales (cauce del río Tehuantepec) deberá cumplir con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en esta norma oficial mexicana y obtener la autorización de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). En el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen medidas de mitigación para el cuidado y protección de los cuerpos de agua existentes en la zona de estudio.</p>
<p><b>NOM-059-SEMARNAT-2010</b> <u>Publicada DOF 30/12/2010</u></p> <p>Esta norma 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 y 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.</p>	<p>Previo a la elaboración de la MIA-R se realizaron visitas de campo en la zona de estudio con la finalidad de obtener datos e identificar las especies de flora y fauna que habitan en el Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado. Asimismo se efectuó una revisión de las bases de datos botánicos, libros y artículos científicos publicados, obteniéndose el siguiente resultado:</p> <p>En el SAR se identificaron especies en categoría de amenazadas y en peligro de extinción. (Información a detalle en el contenido del Capítulo IV). En virtud de lo anterior, el proyecto comprende medidas de mitigación para la conservación y protección de los individuos de flora y fauna de la zona de estudio.</p>

Tabla III.6 Normas en materia de suelos

EN MATERIA DE SUELOS	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p><b>NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012</b> <u>(Publicada en el DOF 30/mar/05)</u></p> <p>Esta norma establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación y es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación con hidrocarburos en suelos.</p>	<p>Los camiones de acarreo de material y la maquinaria de construcción que se van a utilizar durante el desarrollo del proyecto, podrían en algún momento dado presentar pequeños derrames de combustible, especialmente cuando se encuentra estacionados, por ello, es probable que se produzca contaminación del suelo a través de manchas de combustible (diesel); como este efecto es totalmente mitigable, la empresa constructora deberá de considerar la impermeabilización de los sitios de estacionamientos y, responsabilizarse de los derrames de hidrocarburos y residuos peligrosos generados durante la obra.</p>

Tabla III.7 Normas en materia de residuos

EN MATERIA DE RESIDUOS	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p><b>NOM-052-SEMARNAT-2005</b> <u>Publicada en el DOF 23/jun/06</u></p> <p>Esta norma oficial mexicana establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales. Es de observancia obligatoria en lo conducente para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo.</p>	<p>En observancia a lo que dispone esta norma, durante la ejecución de los trabajos planteados se generarán varios tipos de residuos; para esto, se deberá contemplar la separación de estos y clasificarlos como “peligrosos” y “no peligrosos”, los cuales, deben ser recolectados por una empresa autorizada por la SEMARNAT y contratada por el promovente para realizar la recolección y el transporte de los mismos.</p>

Tabla III.8 Normas en materia de emisiones a la atmósfera

EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p><b>NOM-041-SEMARNAT-2006</b> <u>Publicado en el DOF 10/11/2006</u></p> <p>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. Esta es de observancia obligatoria para el propietario o legal poseedor, de los vehículos automotores que circulan el país, que</p>	<p>Los vehículos y/o camiones que circulen por la zona de estudio durante la construcción del proyecto deberán cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno establecido en la presente norma oficial mexicana establece.</p>

EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p>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.</p>	
<p><b>NOM-045-SEMARNAT-2006</b> <u>Publicada en el DOF 07/08/2007</u> 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 diesel 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, unidades de verificación y autoridades competentes. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma, la maquinaria equipada con motores a diesel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.</p>	<p>Si durante la ejecución del proyecto se presentaran vehículos con las características que establece esta norma oficial mexicana se deberán cumplir con 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 diesel como combustible que en ella se describen.</p>

Tabla III.9 Normas en materia de contaminación por ruido

EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN POR RUIDO	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p><b>NOM-080-SEMARNAT-1994</b> <u>Publicada en el DOF 15/12/1994</u> 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. 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.</p>	<p>Si durante la ejecución del proyecto se presentaran vehículos con las características que establece esta norma oficial mexicana se deberán cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación que en ella se describen.</p>

### III.10.2. Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

Dado que se trata de la construcción de una vía general de comunicación, algunas de las normas de construcción que deberán considerarse para el proyecto, de acuerdo a la normativa de la SCT, son las siguientes:

Tabla III.10 Normas de Terracerías

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 construcción. 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, pedir daños a la obra y mejorar la visibilidad.
N.CTR.CAR.1.01.002/11. DESPALME.	Esta norma contiene los aspectos a considerar en la ejecución del despalme, para carreteras de nueva construcción. 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 a considerar en la construcción de cortes para carreteras de nueva construcción. Los cortes son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, 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.1.01.004/11. ESCALONES DE LIGA.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de escalones de liga en terracerías, para carreteras de nueva construcción. Los escalones de liga son excavaciones en el terreno natural o en el cuerpo de terraplenes existentes cuya pendiente transversal exceda de veinticinco (25) por ciento, con objeto de proporcionar un apoyo al material que se colocará para formar terraplenes nuevos o ampliar terraplenes construidos.
N.CTR.CAR.1.01.005/11. EXCAVACIÓN PARA CANALES.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la excavación para canales de terracerías, para carreteras de nueva construcción. 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 construcción. Las excavaciones para estructuras son las que se ejecutan a cielo abierto en el terreno natural o en

TERRACERÍAS	
	rellenos existentes, para alojar estructuras y obras de drenaje.
N.CTR.CAR.1.01.008/00. BANCOS.	Esta norma contiene los aspectos a considerar para la explotación de bancos de materiales. Los bancos de materiales son las excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material para la formación de cuerpos de terraplenes; ampliaciones de las coronas, bermas o tendido de los taludes de terraplenes existentes; capas subyacentes o subrasantes; terraplenes reforzados; rellenos de excavaciones para estructuras o cuñas de terraplenes contiguas a estructuras, capas de pavimento; protección de obras y trabajos de restauración ecológica, así como para la fabricación de mezclas asfálticas y de concretos hidráulicos.
N.CTR.CAR.1.01.010/11. TERRAPLENES REFORZADOS.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de terraplenes reforzados, para carreteras de nueva construcción. Los terraplenes reforzados son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de obtener el nivel de subrasantes que indique el proyecto o la Secretaría, adicionándole al cuerpo del terraplén elementos transversales, metálicos, plásticos o de otro material, que le proporcionan al suelo la capacidad de resistir esfuerzos de tensión, permitiendo la obtención de taludes menos tendidos que los que se podrían lograr sin elementos estructurales de contención, formando un muro de contención con el suelo y su refuerzo.
N.CTR.CAR.1.01.013/00 ACARREOS.	Esta norma contiene los aspectos a considerar en el transporte de materiales aprovechables o de desperdicio, para carreteras de nueva construcción. Los acarreos son el transporte del material producto de bancos, cortes, excavaciones, desmontes, despalmes y derrumbes, desde el lugar de extracción hasta el sitio de su utilización, depósito o banco de desperdicios, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría. De acuerdo con la distancia de transporte, los acarreos pueden ser: acarreo libre, acarreo hasta (100) cien metros, acarreo hasta (1) kilometro y acarreo mayor a (1) kilometro.
N.CTR.CAR.1.01.014/00 ABATIMIENTO DE TALUDES.	Esta Norma contiene los aspectos a considerar en el abatimiento de taludes en cortes o de terraplenes, en carreteras de nueva construcción. El abatimiento de taludes son los trabajos necesarios para mejorar la estabilidad de los cortes y terraplenes, mediante el corte y remoción de material para obtener un talud con menor inclinación, que resulte estable.

Tabla III.11 Normas sobre Pavimentos

PAVIMENTOS	
N.CTR.CAR.1.04.002/00 SUB-BASES Y BASES.	Esta norma contiene los aspectos a considerar en la construcción de sub-bases y bases de pavimentos para carreteras. Sub-base: capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base de una carpeta asfáltica o a una losa de concreto hidráulico, soportar las cargas que éstas le

PAVIMENTOS	
	transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores. Base: capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la sub-base, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que ésta le transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.
N.CTR.CAR.1.04.005/00 RIEGOS DE LIGA.	Esta 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 asfáltico 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.

VÍNCULO DE LAS NORMAS DE CONSTRUCCIÓN CON EL PROYECTO: 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.10.2 Normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social

Para garantizar la seguridad de los trabajadores que construirán el proyecto Mitla-Tehuantepec, se deberán considerar algunas de las siguientes normas de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social.

Tabla III.12 Normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social

Normas de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social	
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad.	La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo. Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.
NORMA Oficial MEXICANA NOM-	La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los



Normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social	
002-STPS-2000, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.	centros de trabajo. Objetivo: Establecer las condiciones mínimas de seguridad que deben existir, para la protección de los trabajadores y la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de Seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros trabajo que por la naturaleza de sus procesos empleen maquinaria y equipo. Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales condiciones y procedimientos de seguridad.	La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realice manejo de materiales, de forma manual o con ayuda de maquinaria. Objetivo: Establecer las condiciones y procedimientos de seguridad para evitar riesgos de trabajo, ocasionados por el manejo de materiales en forma manual y mediante el uso de maquinaria.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.	Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en los que exista exposición del trabajador a ruido. Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	Esta Norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional en que se requiera el uso de equipo de protección personal para proteger a los trabajadores contra los riesgos derivados de las actividades que desarrollen. Objetivo: Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	La presente Norma Oficial Mexicana aplica en todas las obras de construcción que se desarrollen en el territorio nacional, en cualquiera de sus diferentes actividades o fases. Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en las obras de construcción, a efecto de prevenir los riesgos laborales a que están expuestos los trabajadores que se desempeñan en ellas.

CONCLUSIONES. En base al análisis legal realizado a los instrumentos de política ambiental, antes descritos, se concluye que para el desarrollo de las obras y/o actividades del proyecto carretero

“Mitla-Tehuantepec” específicamente del Tramo 2 que comprende del km 72+500 al km 165+838.37, 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 puede afirmar que la construcción del proyecto es viable jurídicamente al cumplir con todos estos elementos de forma y fondo.

### III.10 Bibliografía del Capítulo III

#### CONSTITUCIÓN POLÍTICA MEXICANA

##### LEYES Y REGLAMENTOS FEDERALES:

- Ley de Planeación
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)
- Ley General de Asentamientos Humanos
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS)
- Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS)
- Ley General de Cambio Climático
- Ley de Aguas Nacionales (LAN)
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (LAN)
- Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (LFMZAAH)
- Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (LFMZAAH)

##### LEYES SUPLETORIAS:

- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (LCPAF)
- Ley de Vías Generales de Comunicación (LGVC)

##### LEYES ESTATALES Y REGLAMENTOS:

- Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca (LEEEO)

##### ORDENAMIENTOS:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

##### PLANES Y PROGRAMAS NACIONALES DE DESARROLLO:

- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018
- Programa Nacional de Inversiones y de Infraestructura (PNII) 2013-2018
- Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 201-2018
- Plan Nacional de Infraestructura 2007-2012
- Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012
- Programa Carretero 2007-2012 (PC)

**PLANES ESTATALES DE DESARROLLO:**

- Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011 – 2016
- Plan Regional de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016 (Región Istmo)

**NORMAS OFICIALES MEXICANAS (SEMARNAT)**

- NOM-001-SEMARNAT-1996 (agua)
- NOM-059-SEMARNAT-2010 (Flora y Fauna)
- NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 (Suelos)
- NOM-052-SEMARNAT-2005 (Residuos peligrosos)
- NOM-041-SEMARNAT-2006 (emisiones a la atmósfera)
- NOM-045-SEMARNAT-2006 (emisiones a la atmósfera)
- NOM-080-SEMARNAT-1994 (contaminación por ruido)

**NORMAS DE CONSTRUCCIÓN (SCT):**

- N·CTR·CAR·1·01·001/11 (desmante)
- N·CTR·CAR·1.01.002/11 002 (despalme)
- N·CTR·CAR·1.01.003/11 003 (cortes)
- N·CTR·CAR·1.01.004/11 (escalones de liga)
- N·CTR·CAR·1.01.005/00 (excavaciones para canales)
- N·CTR·CAR·1.01.007/11 (excavaciones para estructura)
- N·CTR·CAR·1.01.008/00 (bancos)
- N·CTR·CAR·1.01.010/11 (terraplenes reforzados)
- N·CTR·CAR·1.01.013/00 013 (acarreos)
- N·CTR·CAR·1.01.014/00 014 (abatimiento de Taludes)
- N·CTR·CAR·1.04.002/00 (sub-bases y bases)
- N·CTR·CAR·1.04.005/00 (riegos de liga)

**NORMAS DE LA SECRETARÍA DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL (STPS):**

- NOM-001-STPS-2008
- NOM-002-STPS-2000
- NOM-004-STPS-1999
- NOM-006-STPS-2000
- NOM-011-STPS-2001
- NOM-017-STPS-2008
- NOM-031-STPS-2011

## Contenido

<b>Capítulo IV. Descripción del sistema ambiental regional (SAR) y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región .....</b>	<b>2</b>
<b>IV.1 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde se pretende establecer el proyecto .....</b>	<b>2</b>
IV.1.1 Delimitación y justificación del área de influencia .....	9
<b>IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR).....</b>	<b>22</b>
IV.2.1 Medio abiótico .....	22
IV.2.2 Medio biótico .....	43
<b>Corredores y su relación con especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....</b>	<b>115</b>
<b>Evaluación de estructuras para pasos de fauna .....</b>	<b>117</b>
<b>Conclusión sobre la Fauna silvestre.....</b>	<b>128</b>
<b>Servicios ambientales.....</b>	<b>136</b>
IV.2.3 Medio socioeconómico .....	157
IV.2.4 Paisaje.....	183
IV.2.5 Caracterización abiótica del área de influencia.....	190
<b>IV.3 Diagnóstico Ambiental .....</b>	<b>197</b>
<b>IV.4 Bibliografía .....</b>	<b>214</b>

## Capítulo 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 se pretende establecer el proyecto

El proceso de la delimitación del Sistema Ambiental Regional se llevó a cabo en primera instancia localizando el trazo del proyecto con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando el software Arc Gis 9.3. Para poder delimitar el polígono del SAR se realizó sobreposición de capas vectoriales disponibles de las diferentes instituciones tales como:

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).
- Estudios del Inventario Nacional Forestal 2002 (INF).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- CONAGUA, INEGI e INE para aspectos hidrográficos.

Una vez estandarizada la cartografía a una proyección UTM (Universal Transversal of Mercator) del área de estudio se procedió acotar lo que abarcaría el Sistema Ambiental Regional, considerando las capas de:

- Climas
- Uso de suelo y vegetación
- Edafología
- Topoformas
- Subcuencas de la Cuenca R. Tehuantepec. (principalmente las que interviene el trazo).

Como primer paso, se proyectaron los tipos de climas presentes de forma general a una escala mayor en donde se abarcará la totalidad del proyecto. Posteriormente se trató de percibir si en esta capa existe un límite natural que pueda ir acotando un Sistema Ambiental. Al respecto, se pudo detectar un límite al Norte del Trazo del proyecto que corresponde al borde del clima Templado subhúmedo y al Sur un límite que corresponde al clima semicálido subhúmedo.



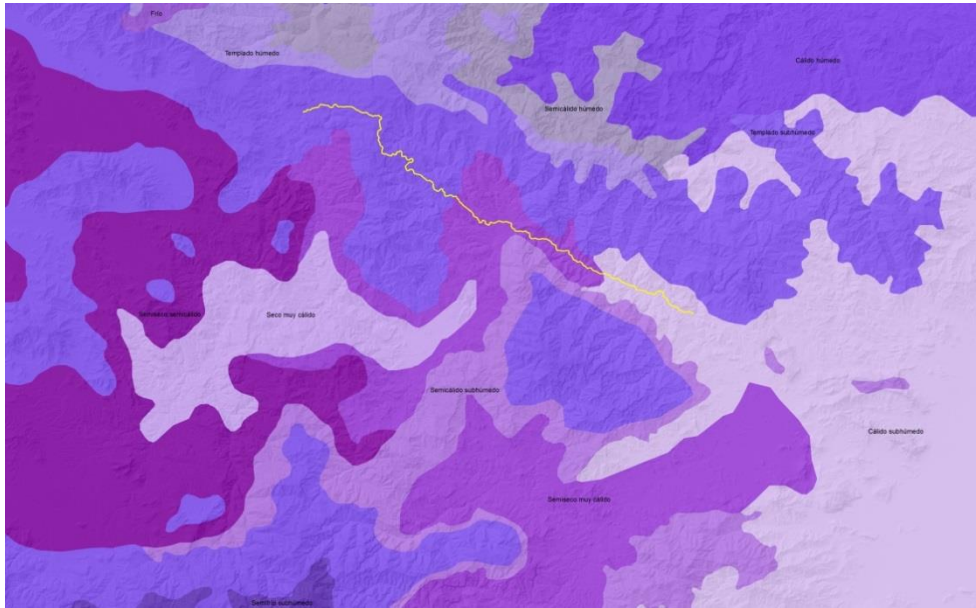


Imagen IV.1 Ubicación del trazo sobre la capa de climas.

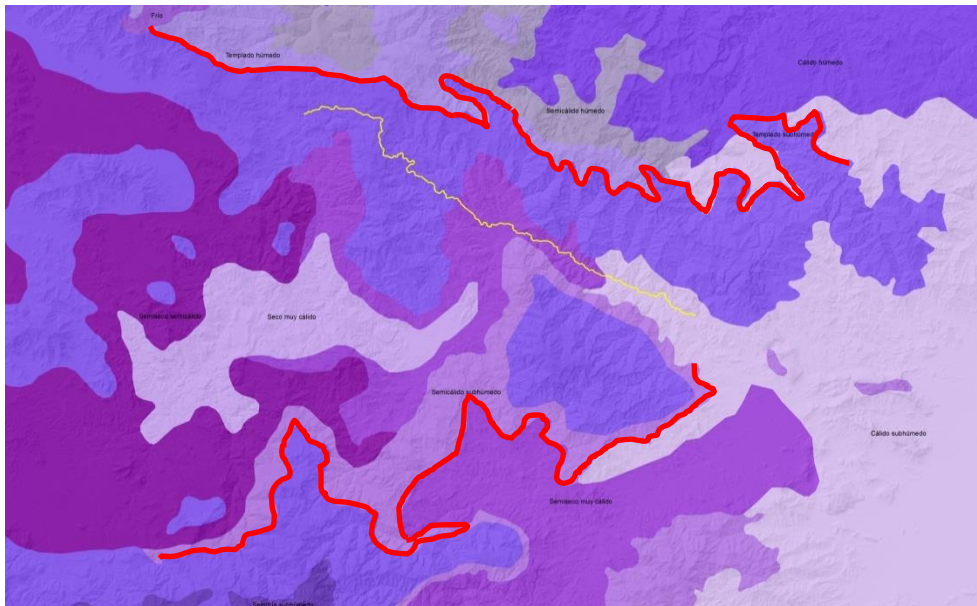


Imagen IV.2 En esta imagen se muestra en líneas rojas los límites naturales que pueden dejar embestado al proyecto dentro de un Sistema Ambiental desde el punto de vista climático.

Posteriormente, por considerarse muy relevante por el impacto que se ocasionará sobre la vegetación, se procedió a sobreponer el mapa de uso de suelo y vegetación para determinar si es una variable que efectivamente pueda acotar un Sistema Ambiental para el proyecto. Con el uso del SIG se determinó que la capa de uso de suelo y vegetación no es una variable que determine límites claros para el proyecto debido a que existen relativamente pequeños polígonos de

diferentes tipos de vegetación que provocan un ambiente totalmente heterogéneo, como sucede en todo el estado de Oaxaca.

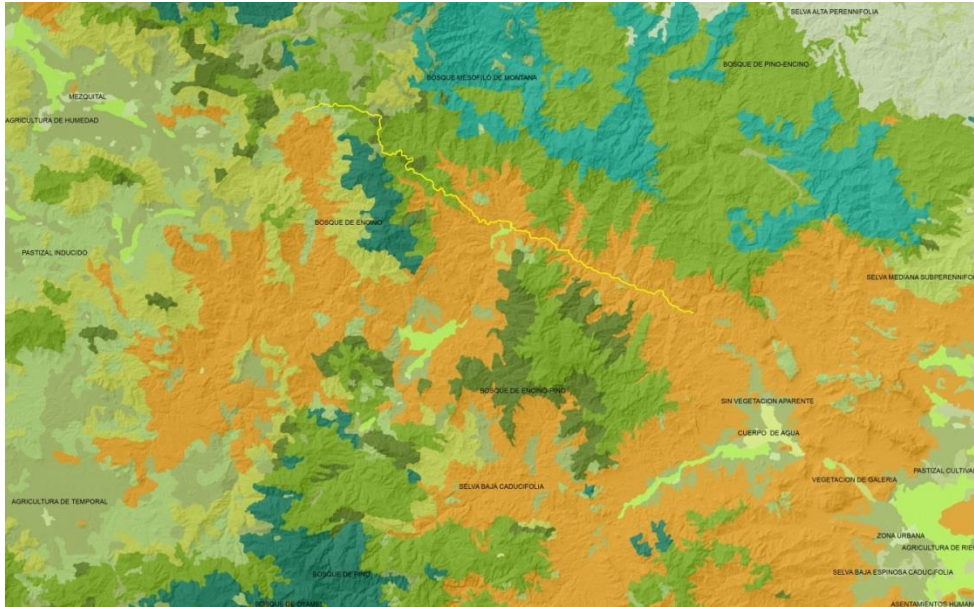


Imagen IV.3 Capa de uso de suelo y vegetación, la cual no muestra un límite natural para poder determinar el Sistema Ambiental del proyecto.

Sin embargo, al norte del proyecto el límite del bosque de pino-encino coincide con el límite de la capa del clima templado subhúmedo y el borde del clima templado húmedo, el cual contiene en esta área bosques mesófilos de montaña. Por esta razón, la capa de climas se cataloga como una mejor variable para delimitar el área de estudio ya que se puede correlacionar con algunas zonas de uso de suelo y vegetación.

Enseguida, se proyectó la capa de edafología, en la cual se determinó que las unidades de suelo identificadas en la cartografía de INEGI son demasiadas pequeñas para poder determinar un Sistema Ambiental a nivel regional, por lo que esta capa se descartó como insumo para la delimitación. Lo anterior, tiene completa relación con el relieve del estado de Oaxaca, muy complejo y sumamente heterogéneo.



Imagen IV.4 Capa de Edafología, obsérvese lo complejo de sus unidades de suelo, demasiado pequeñas para poder determinar los límites de un SAR.

En relación con el relieve del ambiente en que se encuentra el proyecto, se usó la capa de topoformas con el fin de percibir algún límite que pudiera apoyar la delimitación del SAR.

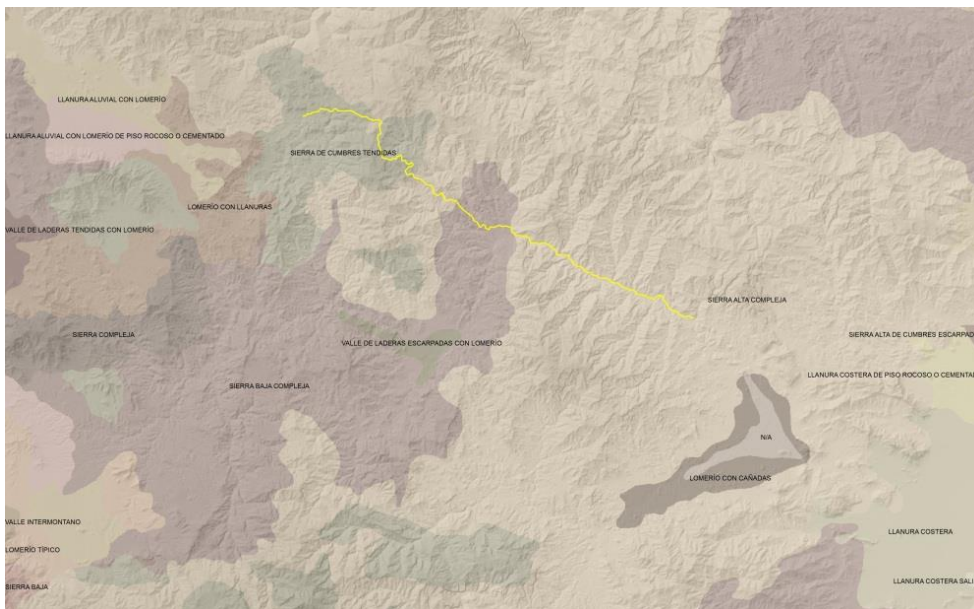


Imagen IV.5 Topoformas del área del proyecto.

En este sentido, la capa de topoformas no ofrece mucho para poder determinar límites, debido a que sus unidades son demasiados amplias, y algunas entran y salen respecto al trazo. Sin embargo,



al lado oeste del eje se observa un claro límite provocado por la sierra de cumbres tendidas, con ello así, determinando un claro limite que puede ser usado para delimitar el SAR en dicha zona

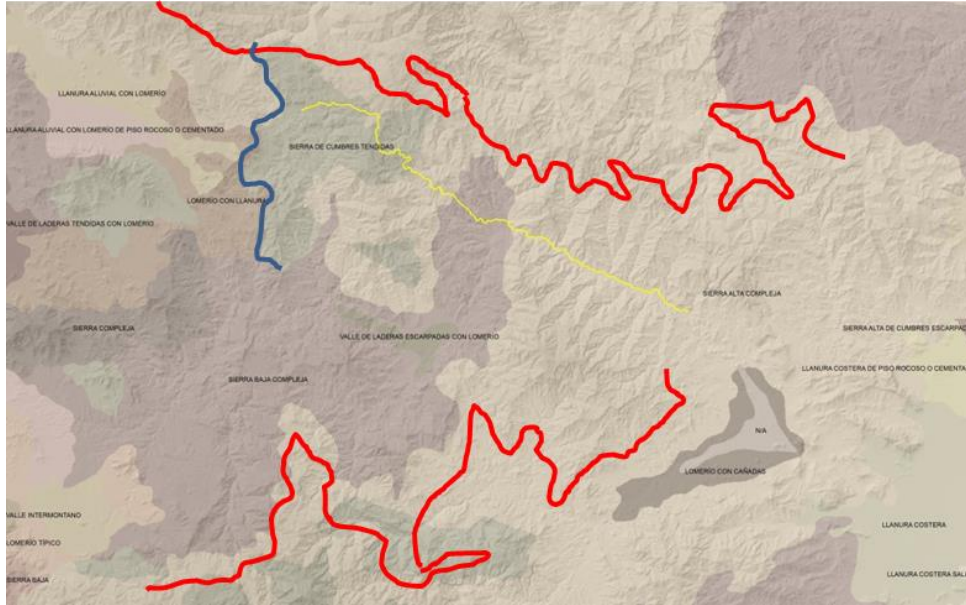


Imagen IV.6 Se muestra el límite con línea azul ofrecido por la Sierra de Cumbres Tendidas al Oeste del Proyecto. Las líneas rojas son los límites establecidos previamente por el clima.

Finalmente, ya agotando los recursos cartográficos del medio físico y biótico (vegetación) y observando que no se ha logrado establecer un Sistema Ambiental Regional con los atributos necesarios para una adecuada descripción de sus componentes, se procedió a explorar las características hidrográficas de la zona que quedo parcialmente limitada con la capa de climas y topoformas.

Al respecto, la cuenca hidrográfica es la unidad morfográfica superficial, delimitada por divisorias (“Parte Aguas”) desde las cuales escurren aguas superficiales. Al interior, las cuencas se pueden delimitar o subdividir en sub-cuencas o cuencas de orden inferior, asimismo se pueden diferenciar zonas caracterizadas por una función primordial (cabecera-captación y transporte-emisión) o por su nivel altitudinal (cuenca alta, media y baja).

La delimitación de una subcuenca está basada en criterios conjuntos entre el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (INE), y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La metodología está disponible en el documento técnico de Cotler y colaboradores (2007).

Al respecto, el proyecto quedo embebido en la Región Hidrológica RH22 Tehuantepec la cual tiene dos Cuencas y en una de ellas **se ha observado, que la totalidad del proyecto cae dentro de la**

**subcuenca Río Tehuantepec Alto**, siendo que ésta a su vez tiene varias subcuencas las cuales son: Río Tehuantepec Bajo (a), Presa Benito Juárez (b), Río Tehuantepec Alto (c), Río San Antonio (Río Quiechapa-Río San Antonio o Grande-Río Candelaria) (d) y Río Tequisistlán (e). De acuerdo a éste análisis.

De acuerdo a lo anterior se sabe que las cuencas hidrográficas siguen siendo consideradas como la unidad del territorio fundamental para la planeación y el manejo de los recursos naturales. Para el caso de la delimitación del SAR del proyecto se adoptaron los criterios de Cotler *et al.*, (2007) y se estableció la subcuenca **Río Tehuantepec Alto** como el área de estudio ideal por las siguientes condiciones:

1. Por estar limitada con variables topográficas e hidrológicas.
2. Por presentar consistencia y coincidencia con los límites previamente establecidos con la capa de climas y topofomas; y
3. El insumo cuenta con una escala 1:250,000 con sistemas endorreicos, exorreicos y arreicos.

En la siguiente imagen se observa la línea divisoria de la subcuenca R. Alto Tehuantepec la cual coincide relativamente con las capas utilizadas previamente en la delimitación del SAR; Al Norte y Sur y Sureste con capas de climas y al Oeste con la capa de topografía. Finalmente, gracias a los límites de las subcuencas vecinas se pudo concluir los límites del SAR que prácticamente son los límites naturales de la subcuenca R. Alto Tehuantepec.

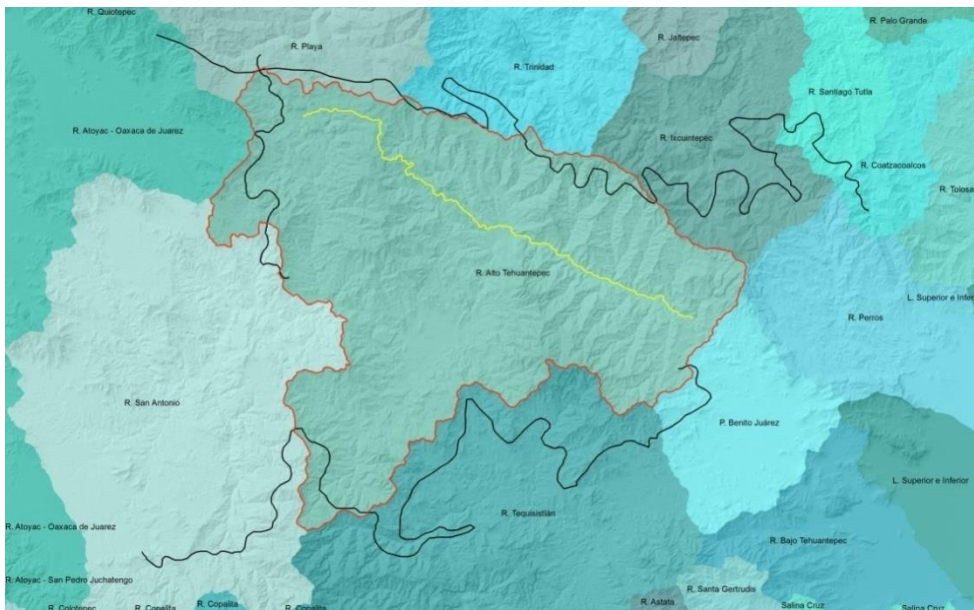


Imagen IV.7 Se observa los límites de la subcuenca R. Alto Tehuantepec y su relación con los límites establecidos por las capas de clima y topografía.

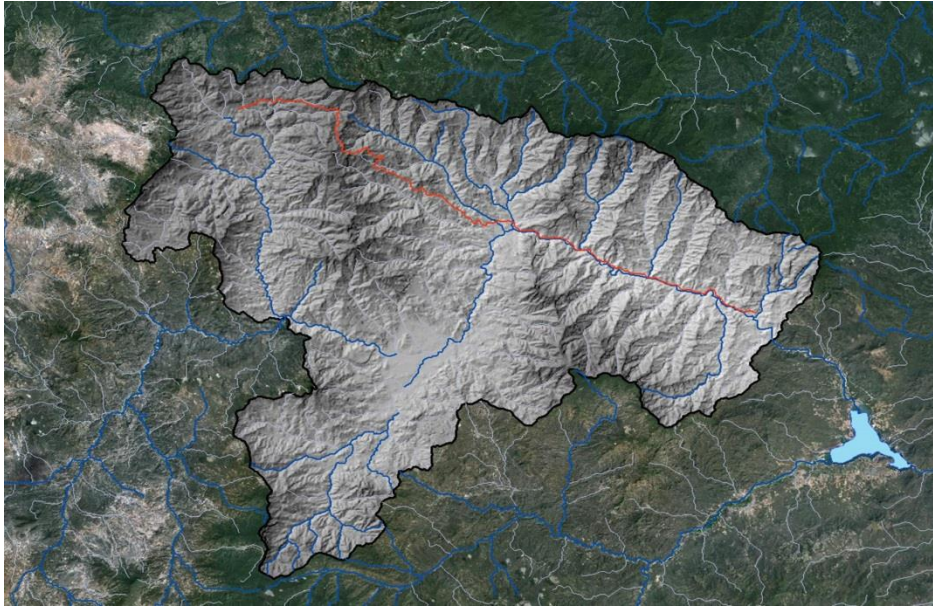


Imagen IV.8 SAR final obtenido a partir del proceso de delimitación de la subcuenca hidrológica.

La subcuenca determinada como SAR tiene una superficie de 363063.10 ha, y se ha considerado que la delimitación del SAR, implica y considera elementos integradores y de planeación ambiental, que permitan evaluar los impactos acumulativos, residuales y sinérgicos de la región.

Por lo tanto, por la ubicación y distribución de las obras y actividades que constituyen este proyecto, se consideró que la “Subcuenca Hidrológica Río Alto Tehuantepec (RH22bc)” es una unidad físico-natural que engloba los recursos naturales existentes. La principal razón y fundamento teórico que la sitúa por encima de otras entidades de planeación ambiental es que al interior de la misma, se interconecta todo el espacio geográfico que la constituye, a través, de los flujos hídricos (superficiales y subterráneos) y de nutrientes (materia y energía) (Wolker *et al.*, 2006).

El sistema de interconexión y de transferencia entre las partes altas de la subcuenca y las zonas bajas son los sistemas de barrancos y de cauces fluviales. Por este motivo el principal elemento integrador del SAR será la funcionalidad hídrica, donde intervendrán muchos factores a diferentes escalas geográficas, y en diferentes niveles de interacción. Entre estos factores destacan:

- La escorrentía (temporalidad y cantidad)
- El régimen hídrico de los ríos
- El arreglo, tamaño y la estructura de la red de drenaje
- El régimen de lluvias

- Las variables climáticas
- La geomorfología y morfodinámica de la subcuenca
- Los tipos de suelo
- Los tipos de cobertura vegetal
- El uso de las tierras

Más allá de la complejidad inherente a la delimitación del SAR mediante los factores enlistados, se consideró necesario reconocer que los efectos ambientales de las condiciones de estabilidad o perturbación en las partes altas de la subcuenca Río Alto Tehuantepec (RH22bc), como los altos índices de erosión hídrica y degradación de suelos o la contaminación de los ríos y escurrimientos, se transferirán hacia las zonas medias, y a su vez, dependiendo de la intensidad y naturaleza de dichos efectos, llegarán hasta las partes altimétricamente más bajas que es el río Tehuantepec y la Presa Benito Juárez, donde se sumaran los efectos producidos por la construcción de la Carretera Mitla – Tehuantepec.

#### **IV.1.1 Delimitación y justificación del área de influencia**

El área de influencia del proyecto Mitla-Tehuantepec se entiende como la superficie que será afectada directa e indirectamente por la construcción de la carretera tipo A2. Para la delimitación de esta se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en primera instancia para ubicar el trazo geográficamente y entender la dinámica que coexiste en la zona de estudio. Como resultado se obtuvo que el eje del proyecto se ubica en una área donde la hidrología será afectada de manera directa debido a que se trata de una apertura en la mayoría de su trayectoria alterando principalmente los flujos hidrológicos por lo que esto marca el punto de partida para la delimitación del área de influencia y al estar el SAR conformado por la subcuenca R. Alto Tehuantepec este criterio es fundamental y totalmente justificado de forma correcta.





Imagen IV.9 El eje del proyecto está inmerso en la subcuenca hidrológica Río Alto Tehuantepec que a su vez pertenece a la cuenca del Río Tehuantepec.

Para entender de una manera más clara la dinámica de la hidrología superficial de la subcuenca se procedió a delimitar sub-zonas llamadas microcuencas que resultaran de los límites naturales más altos llamados parte aguas, donde se presume no rebasen los impactos generados por la construcción del proyecto.

El procedimiento de la generación de las microcuencas inicia ubicando el trazo del proyecto en la subcuenca y obteniendo a la vez las curvas de nivel disponibles en INEGI con escala 1:50,000 para poder generar un Modelo Digital de Elevación (MDE) que cuenta con información hipsométrica. En primer lugar se obtuvo un Modelo Digital de Elevación.

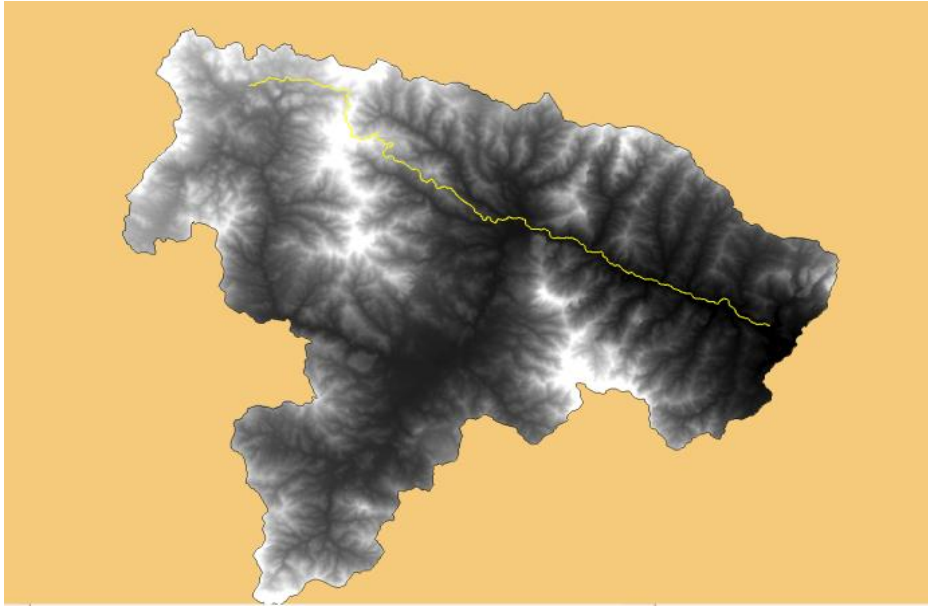


Imagen IV.10 Modelo Digital de Elevación mostrando los valles de tonalidades oscuras y los parte aguas en tonalidades claras.

Una vez generado el MDE de la zona se procedió a recortar los ríos con relación al modelo de elevación para que en conjunto se realice un modelo de dirección de flujos hidrológicos y en combinación de estas capas se generará una nueva de acumulación de datos.

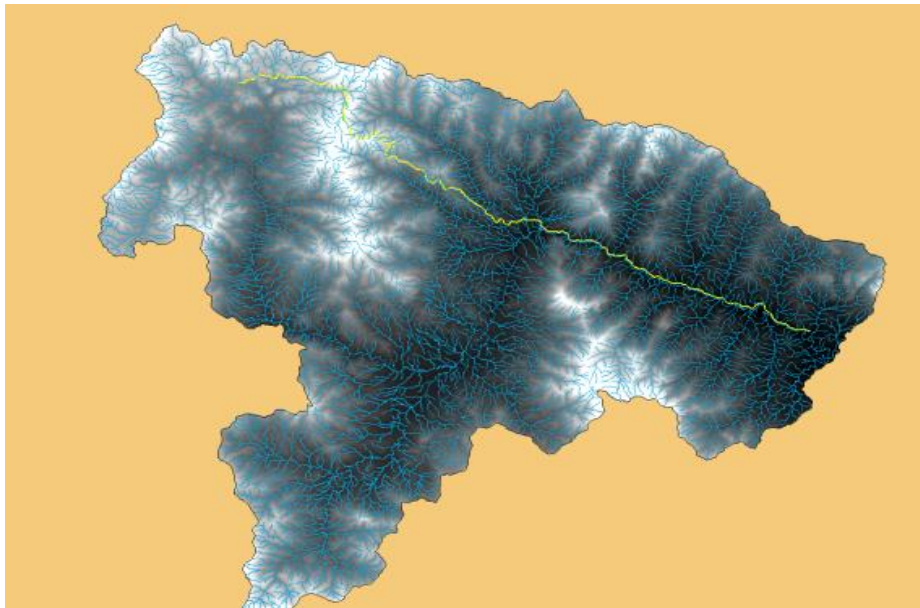


Imagen IV.11 Adición de la capa de hidrología superficial.

En base a un proceso de segmentación de las capas antes generadas se obtuvo un raster de las microcuencas delineadas en color azul:

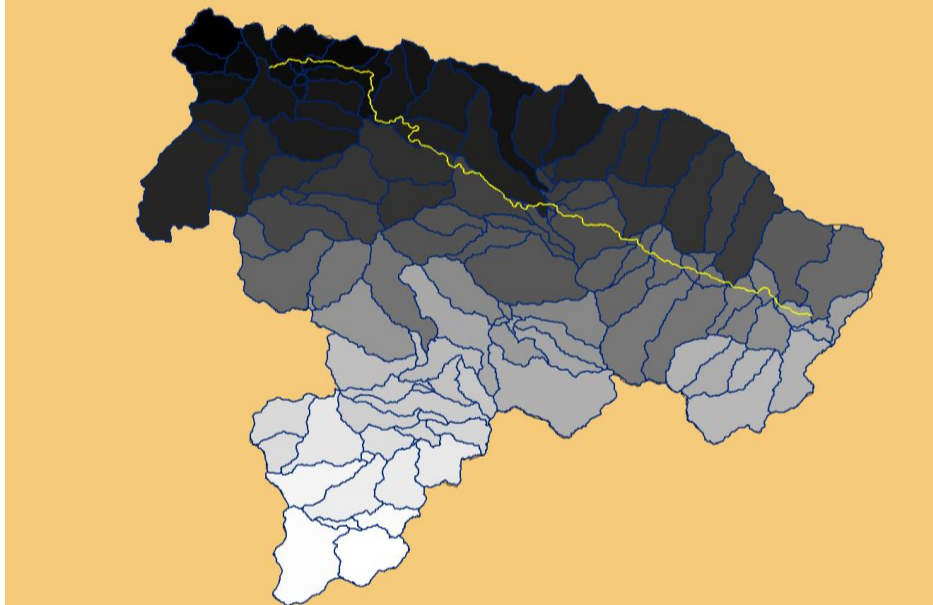


Imagen IV.12 Delimitación de microcuencas en formato raster.

Una vez obtenidas las microcuencas se utilizó el programa Global Mapper para cambiar de formato shape a kmz el archivo final para visualizarlo en Google Earth y facilitar su análisis con imágenes satelitales y aéreas más actuales de acceso libre (Imagen IV.13).

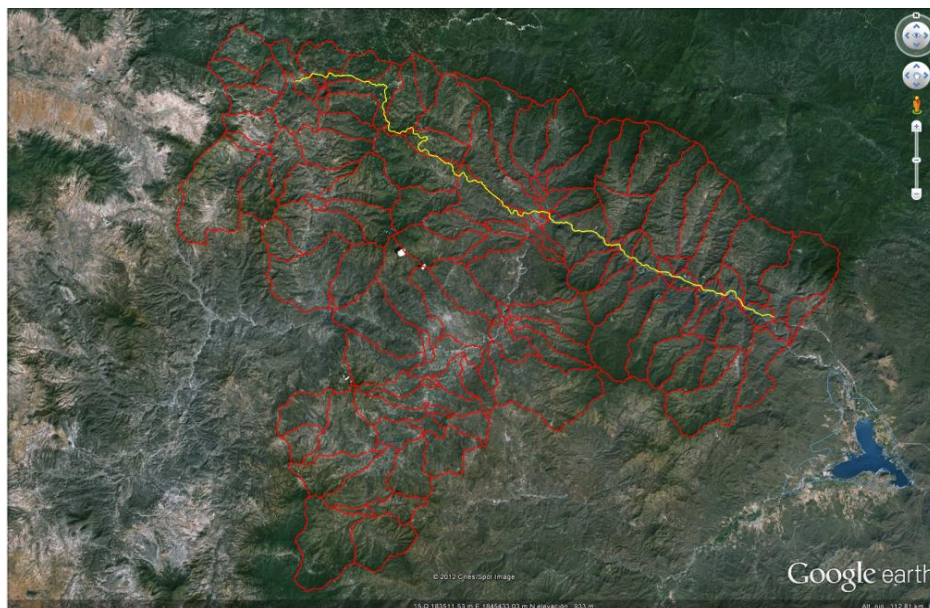


Imagen IV.13 Proyección de las microcuencas y el tramo 2 en Google Earth.



Como se observa en la figura IV.14 las líneas rojas representan los límites de las microcuencas (las partes más altas) y como es evidente el eje del proyecto se ubica paralelamente a estos o sobre ellos; con las flechas azules se indica las zonas que llamamos en un principio “parteaguas o divisorias” con algunas excepciones donde el proyecto tiene la necesidad de contar con viaductos y puentes para cruzar de un parte aguas a otro. Cabe indicar que esta zona corresponde a un clima templado donde se distribuye vegetación de pino-encino.

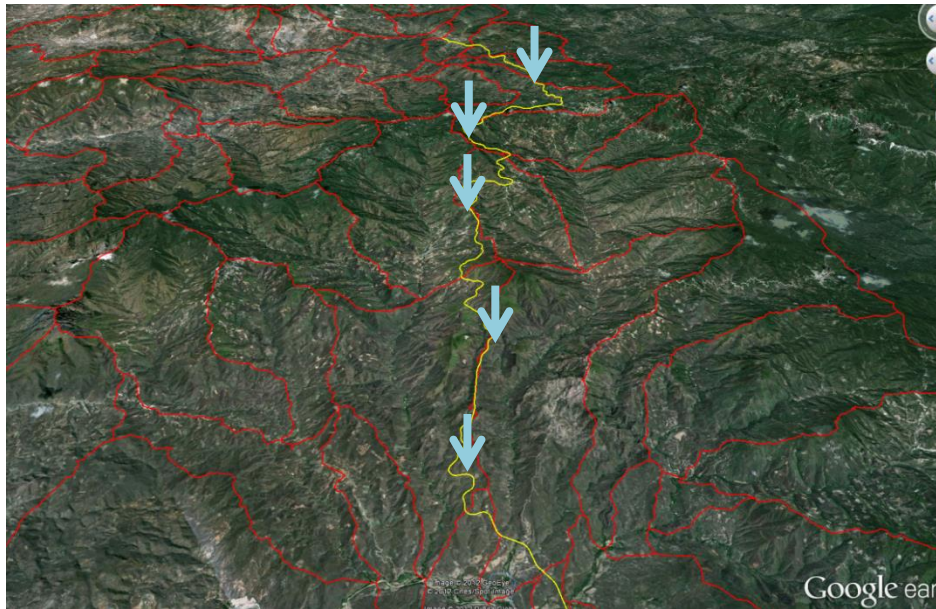


Imagen IV.14 Ubicación del trazo sobre los parte aguas de las microcuencas.

Posteriormente, el proyecto conforme avanza hacia la costa del pacífico y justo al llegar al Valle de Santo Domingo Narro, desciende de más de 1000 y 2000 msnm hasta una altura de 573 msnm, lo que significa que durante esta gradual disminución de la altura se observa la presencia de una importante zona de transición o Ecotono entre los bosques templados y la selva. A partir de este punto el tramo corre a lo largo del río Tehuantepec sobre zonas “bajas” que fluctúan entre 573 a 250 msnm.

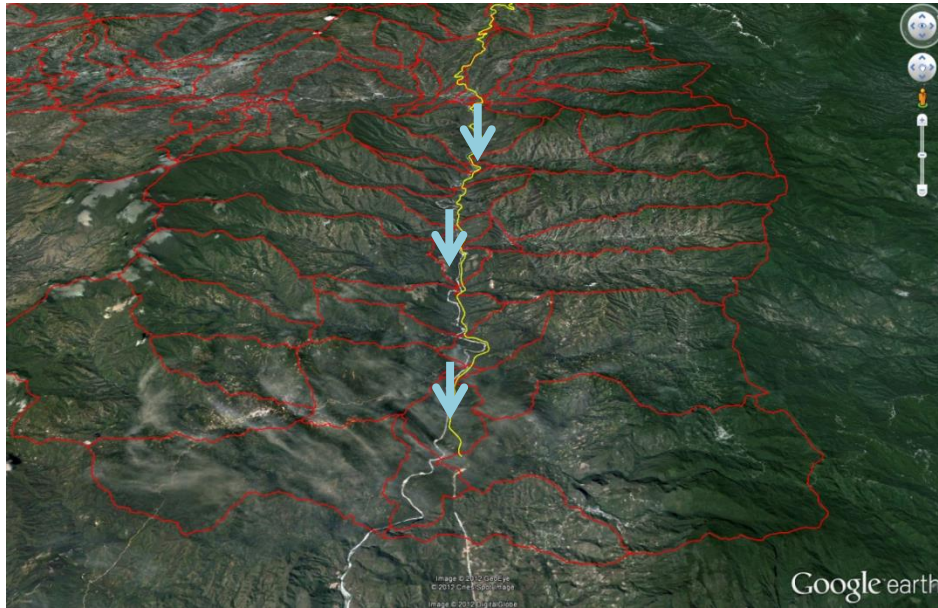


Imagen IV.15 Zona “baja” paralelo al río Tehuantepec, se observan los límites de las microcuencas en rojo y en color azul las flechas que indican las zonas más bajas del terreno.

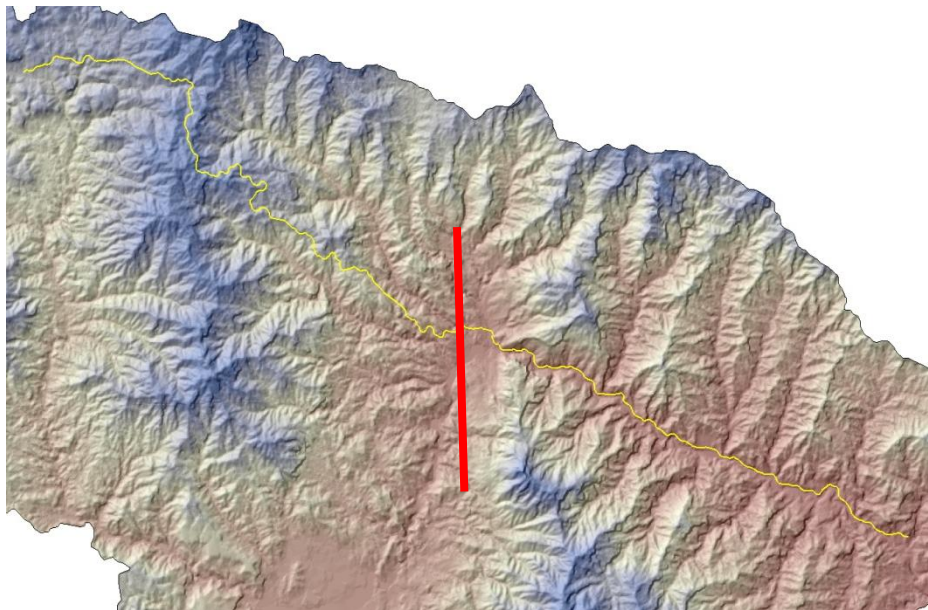


Imagen IV.16 Modelo Digital de Elevación donde se observa el limite (línea roja) entre la zona más alta y baja del proyecto. En esta zona se presenta un ecotono o zona de transición entre el bosque templado y la selva.

Las imágenes anteriores argumentan fehacientemente que el proyecto cruza por dos zonas con características distintas y es por ello necesaria la aplicación de criterios deferentes para la

limitación del área de influencia para el trazo cuando pasa por zonas altas (templadas) y bajas (cálidas), cada una incluso con diferentes tipos de vegetación (Bosques versus Selvas). Aquí se perfilan dos unidades, pero es necesario que estas se integren para formar una sola AI.

El Área de Influencia es el espacio receptor de los impactos ambientales (Espinoza, 2002). Se refiere a aquella superficie estimada y delimitada, en base a los efectos de las interrelaciones positivas o negativas de las actividades de construcción y operación del proyecto carretero sobre los componentes ambientales. Para la delimitación del área de influencia se tomarán criterios como el arrastre de sedimentos en las corrientes de agua, el ruido que se generaría en la construcción del proyecto y el impacto visual generado en las zonas donde no existe alguna vía de comunicación paralela o perpendicularmente..

Las anteriores variables se consideran fuertes con base a los criterios basados en Forman y Alexander (1998) sobre los impactos ecológicos de las carreteras. Esta metodología establece distancias a partir de las carreteras para indicar hasta donde pueden llegar los impactos a diferentes componentes del ecosistema; como pendiente abajo, tipos de viento, hábitat menos adecuado y hábitat más adecuados.

Los criterios seleccionados por su nivel de relación fueron ruido, efectos hidrológicos y arrastre de sedimentos. Se consideró también que los efectos sobre la fauna nativa por el proyecto es un impacto muy fuerte pero lamentablemente no existen parámetros específicos que puedan apoyar una delimitación clara con dicho criterio para el área de influencia. Sin embargo, se logró establecer las distancias para el proyecto, considerando los muestreos de campo y el recorrido de todo el proyecto vía aérea y terrestre, encontrando que existen zonas importantes para la fauna silvestre y en donde existe vegetación conservada. Estos sitios son zonas de descanso de la Guacamaya verde y corredores de fauna silvestre; es por ello, que **el ruido** se considera un factor sumamente importante ya que la etapa de construcción genera demasiado ruido capaz de ahuyentar a las Guacamayas de sus sitios de descanso y modificar el patrón natural de desplazamiento de los animales terrestres.

Por otra parte tomando en cuenta el criterio de arrastre de sedimentos se puso mayor interés en la zona alta ya que el producto de los cortes geológicos para la instauración del proyecto se verá alterada la estabilidad del terreno provocando el deslizamiento de material geológico y la contaminación de los flujos hidrológicos si estos son alcanzados por el deslizamiento de suelo. Es decir, en la parte alta (parte aguas) se realizarán los impactos que podrán reflejarse hasta el fondo o en las partes más bajas de las microcuencas.





Imagen IV.17 Fotografía aérea de una zona aledaña al proyecto donde se aprecia el deslizamiento de material geológico producto de alterar la estabilidad del terreno en la zona alta.



Imagen IV.18 Fotografía aérea de la zona del proyecto donde se aprecia la sensibilidad del terreno, en este deslizamiento no era posible apreciar la causa del mismo por lo que se presume fue provocado por la lluvia.

De esta manera el arrastre de sedimentos y la sensibilidad del terreno fueron criterios importantes para la delimitación del área de influencia en la zona alta. Es por ello que se ha impuesto un límite que va desde la ubicación del trazo (parte aguas) hasta el punto más bajo de las microcuencas que interviene el proyecto, esto con énfasis en el artículo de Forman y Alexander 1998.

Como segundo criterio de impacto (ruido y paisaje visual) se ha generado una “cuenca visual”, que se define en función de un punto central que puede ser un determinado objeto y comprende todos aquellos puntos desde los que se puede contemplar el objeto considerado”. Para este caso la carretera sería el objeto a ser visualizado y se asume que para fines de delimitación los puntos donde se pueda apreciar el proyecto sin que algún cerro o parte aguas lo bloquee sería el límite hasta donde llegaran los impactos por ruido y aspectos o características visuales.

Para la definición geométrica de la cuenca visual se asume la visibilidad en todas las direcciones posibles (360º) y un dominio nítido de la vista humana de alrededor de 3.500 m. Esta distancia es variable en cada estudio y se refiere estrictamente a las condiciones necesarias para identificar lo observado con nitidez. En realidad, el dominio visual puede llegar a alcanzar los 12.000 m con facilidad, siendo función de las condiciones atmosféricas y de la iluminación. (García y Hernández, datos no publicados).

En base a lo anterior se han calculado todas las cuencas visuales de las zonas consideradas, en función de su posible influencia en el desarrollo del proyecto.

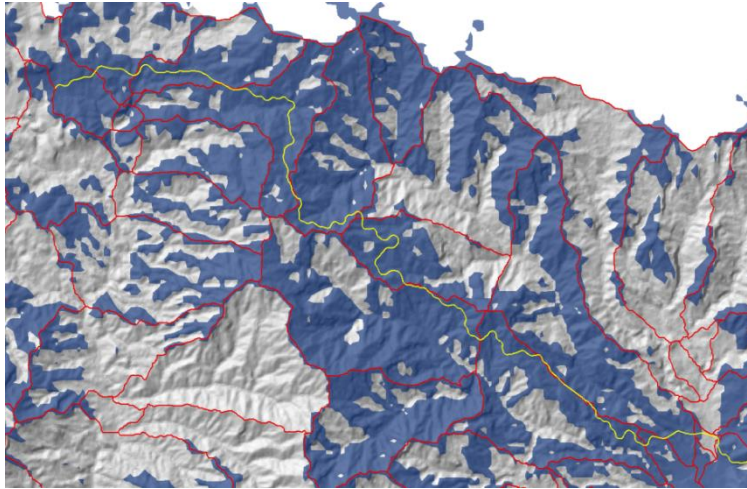


Imagen IV.19 Cuencas visuales del proyecto, desde las zonas azules el proyecto podrá ser visible.

El ruido generado en la construcción del proyecto podrá alcanzar estas zonas pero estas también estarán en función de la dirección del viento, sin embargo, se consideran áreas potenciales para la contaminación por ruido que impactará fuertemente a especies sensibles como son la Guacamaya verde, el jaguar y el puma.

Finalmente una vez analizadas las herramientas y los criterios para la delimitación del área de influencia (AI) se tiene que para la parte alta del proyecto desde Albarradas hasta Santo Domingo Narro, el AI se enmarcará entre los parte aguas y los puntos más bajos que son los acotamientos del área de influencia asumiendo que el arrastre de sedimentos ya sea por los cortes en el proceso constructivo o el deslizamiento de material geológico no rebase estos.

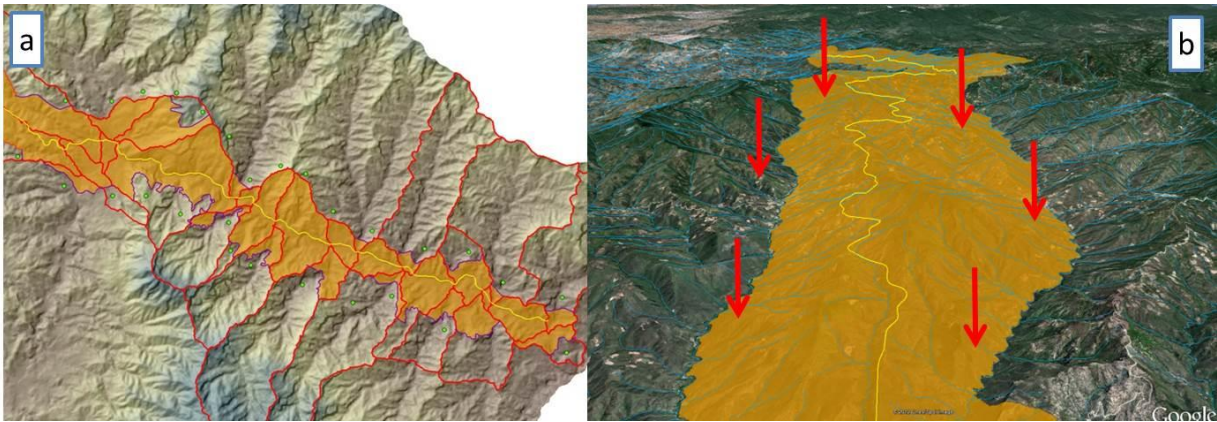


Imagen IV.20 Los puntos verdes (a) y las flechas rojas(b) indican los puntos más bajos tomados en cuenta para delimitar el área de influencia en la zona Alta.

En lo que corresponde a la parte baja del proyecto (de Santo Domingo Narro hasta el Puente de Lachiguiri) el análisis para la delimitación de área de influencia se enfoca de forma inversa que en la parte alta. Los puntos de delimitación del área se enfocan desde los puntos más bajos del proyecto y el parte aguas, asumiendo que el ruido y el impacto visual contarán con un límite físico que los limita por ser los umbrales naturales de la pendiente Sin embargo, se prevé que el arrastre de sedimentos y las caídas de grandes rocas sobre el río Tehuantepec también es un impacto considerado.





Imagen IV.21 Vista aérea de la parte más baja de las microcuencas, en color rojo se dibuja el eje del proyecto

El resultado del análisis de la cuenca visual se muestra de color verde y es posible apreciar que comparte características similares a la de los límites de las microcuencas ya que los dos análisis se basan principalmente en los puntos más altos del terreno.

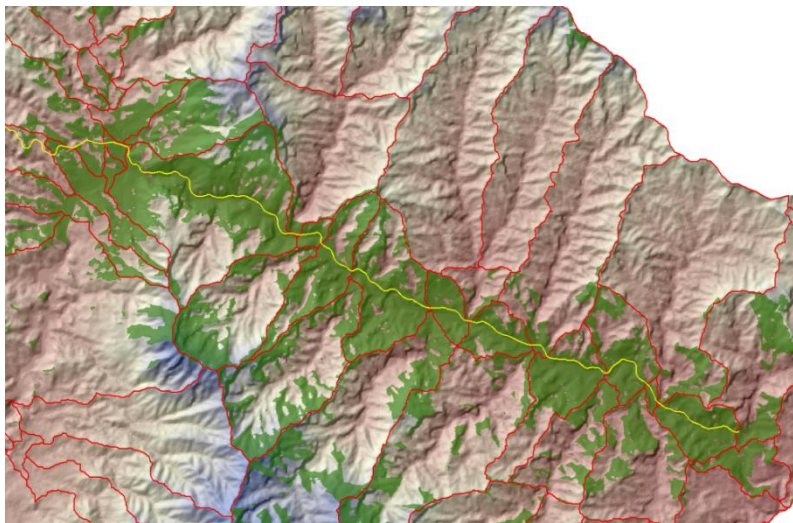


Imagen IV.22 Cuencas visuales de la zona baja del proyecto.

Posteriormente al generar el modelo de relieve es posible apreciar en los límites de las microcuencas delineadas de color rojo, los límites de la cuenca visual que se iluminan de color verde compartiendo características en las zonas más altas del terreno, es por ello que el resultado de estos análisis enmarca de manera casi automática el área impactada directamente por los efectos visuales y sonoros para el límite del área de influencia de la zona baja del proyecto.

Las características para esta zona son muy similares a lo largo de este tramo, por lo consiguiente los límites de la cuenca visual y microcuencas delimitan el área de influencia para la zona baja. Finalmente se realizó la unión de las zonas (alta y baja) para generar el Área de Influencia Final la cual tiene una superficie de 40746.886 ha.

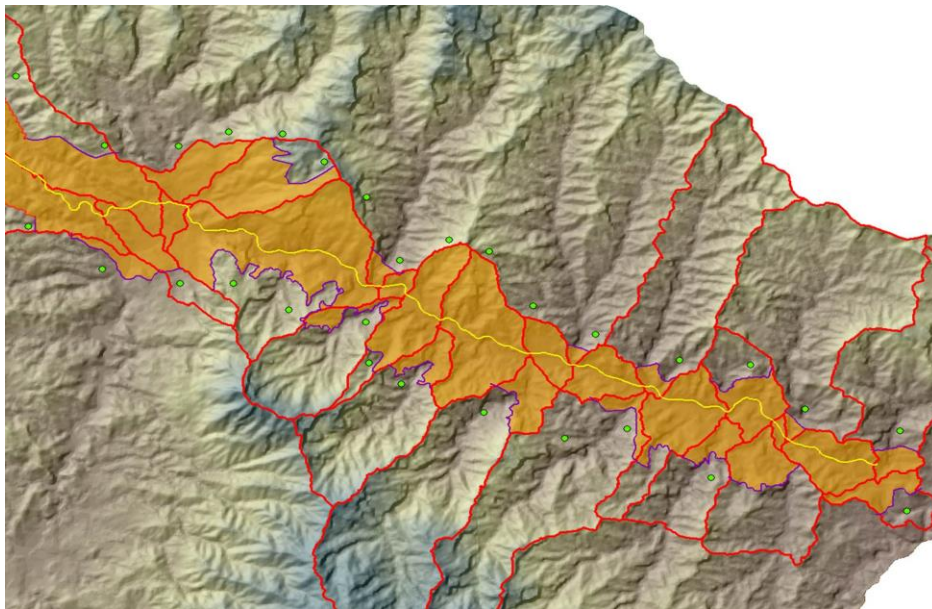


Imagen IV.23 Límites de las microcuencas hidrológicas y visuales para la delimitación del AI.



## IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR)

### IV.2.1 Medio abiótico

Para la caracterización del medio abiótico del Sistema Ambiental Regional (SAR), se elaboró la cartografía temática escala 1:250 000 (INEGI), de la cual, se identificaron las unidades físicas de cada tema (clima, geformas, edafología, hidrología, etc.), y se procedió a la revisión bibliográfica, así como visitas de verificación y reconocimiento en campo que permitieron realizar las descripciones descritas a continuación:

#### IV.2.1.1 Clima y precipitación

Las oscilaciones latitudinales presentes en el estado de Oaxaca y particularmente en el SAR posibilitan la presencia de varias áreas climáticas que van desde las subtropicales húmedas a las secas cálidas, con diferencias en los regímenes de precipitación pluvial a lo largo del año por la exposición de los sistemas meteorológicos que se desarrollan tanto en el Pacífico como en el Golfo (Trejo, 2004).

De acuerdo a la cartografía de climas, basada en la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), están presentes dentro del SAR 3 grupos de climas (A: cálidos, C: templados y B: secos), dentro de los cuales, se enlistan los siguientes tipos de climas:

Tabla IV.1 Tipos de climas y porcentajes dentro del SAR

CLIMA	SIMBOLOGÍA	SAR (%)
Semi seco muy cálido con lluvias en verano	$BS_1(h')w(w)$	19.87
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	$(A)C(w_1)(w)$	16.27
Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad	$(A)C(w_0)(w)$	13.63
Cálido seco con lluvias en verano, de menor humedad	$A(C)w_0(w)$	11.39
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad	$C(w_2)(w)$	9.47
Semiseco semicálido con lluvias en verano	$BS_1hw(w)$	7.43
Seco muy cálido con lluvias en verano	$BS_0(h')w(w)$	6.53
Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad	$Aw_0(w)$	4.79
Templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	$C(w_1)(w)$	3.92
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	$(A)C(w_2)(w)$	3.45
Templado húmedo con abundantes lluvias en verano	$C(m)(w)$	1.76

CLIMA	SIMBOLOGÍA	SAR (%)
Templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad	C(w <sub>0</sub> )(w)	1.48
Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(w)	0.01

A continuación se describen las características de los diferentes tipos de climas por grupo, así como la descripción de la ubicación de las unidades climáticas dentro del SAR:

### Grupo A Climas cálidos

TIPO DE CLIMA	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	UBICACIÓN DENTRO DEL SAR
(A)C(w <sub>1</sub> )(w) Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	Temperatura media anual que asila entre 20.7°C y 21.0°C, en el mes más frío (enero) 18.6°C, en el mes más cálido (mayo) 23.7°C.	Régimen de lluvias en verano y porcentaje de precipitación menor del 5%.	Se ubica en dos franjas al norte y centro-este del SAR, ocupando el 16.27% de su superficie.
(A)C(w <sub>0</sub> )(w) Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad	Temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura media del mes más frío entre 3 y 18°C, la del mes más caliente registra valores de temperatura media de 24.1°C	Lluvias en verano, con porcentaje de lluvia invernal menor del 5% anual.	Se distribuye en tres franjas en la zona noreste, oeste y centro-sur ocupando el 13.63% de la superficie del SAR.
Aw <sub>0</sub> (w)Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad	Temperatura media anual entre 22° y 26°C, temperatura media del mes más caliente mayor de 18°C	Lluvias en verano, con invierno seco menos del 5% anual	Para el SAR forma una zona climática en el noreste debido a la presencia de la sierra compleja y el río Tehuantepec.
(A)C(m)(w) Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	Temperatura media anual mayor a 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor a 22°C.	Precipitación anual mayor a 500 mm y precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual	Se ubica en una una pequeña porción al norte representa el 0.01% de la superficie del SAR.
(A)C(w <sub>2</sub> )(w) Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	Temperatura del mes más frío (generalmente enero) menor a 18°C y media anual entre 18 y 22°C,	Este clima presenta lluvias en verano con un porcentaje invernal menor del 5%.	Al norte se extiende una franja desde el centro al este y cubre una superficie de 3.45% de la superficie del SAR.
Aw <sub>0</sub> (w)Cálido seco con lluvias en	Es el más seco de los subhúmedos con	Solo se presenta lluvia invernal menor de 5%	Dentro del SAR se presenta en una franja continua que lo atraviesa de

TIPO DE CLIMA	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	UBICACIÓN DENTRO DEL SAR
verano, de menor humedad	poca oscilación térmica, presenta canícula, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura media del mes más frío entre 3 y 18°C.	de la total anual	noreste a suroeste presentando el 11.39% de la superficie.

### Grupo B templados

Este grupo dentro del SAR está compuesto por 4 tipos de climas:

TIPO DE CLIMA	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	UBICACIÓN DENTRO DEL SAR
C(w <sub>1</sub> )(w) Templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	Temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C	Precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% del total anual	Se presenta en 3 áreas definidas en el SAR, al noroeste, centro y sur cubriendo una superficie de 3.92% del SAR.
C(w <sub>2</sub> )(w) Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad	Temperatura media anual entre 5 y 12°C, temperatura del mes más frío entre 3 y 18°C, el mes más caliente entre 6.5° y 22°C,	Presenta precipitaciones de 600 a 1,000 mm en promedio durante el año.	Para el SAR se distribuyen en cuatro zonas; dos al norte en los extremos, una al centro-este y la última al sur con un porcentaje del 9.47% de superficie dentro del SAR.
C(m)(w) Templado húmedo con abundantes lluvias en verano	Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más ntre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente 23°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anua	Se ubica en dos pequeñas zonas al norte cubriendo el 1.76% de la superficie de la superficie del SAR.
C(w <sub>0</sub> )(w) Templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad	Temperatura media anual de 17.1°C, siendo diciembre el mes más frío con 15.3°C; mayo es el mes más caliente con 18.5°C.	Precipitación anual de 656.3 mm; el porcentaje de lluvia invernal es de 2.6 mm	Tres zonas presentan esta unidad climática y se ubican al oeste, norte, centro y sur, ocupando una superficie de 1.48% del SAR.

**Grupo B Climas secos.** Este grupo dentro del SAR está compuesto por 3 tipos de climas:

TIPO DE CLIMA	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	UBICACIÓN DENTRO DEL SAR
BS <sub>1</sub> (h')w(w) Semi seco muy cálido con lluvias en verano	Media anual mayor de 22°C (en el mes más frío se percibe una temperatura no menor de 18°C).	Régimen de lluvias en verano y porcentaje de precipitación menor del 5%.	Se ubica en el centro del SAR en una unidad continua que se extiende hacia los extremos Este y Sur, ocupa el 19.87% de la superficie, siendo el tipo de clima predominante.
BS <sub>1</sub> hw(w) Semiseco semicálido con lluvias en verano	Media anual mayor de 18°C(en el mes más frío se percibe una temperatura menor de 18°C mientras que en el mes más caliente mayor de 22°C).	Lluvias en verano del 5% al 10.2%, en mayor cantidad en junio.	Se localiza en 2 unidades, una en la parte Oeste y la otra en el Sur del SAR, cubriendo el 7.43% de la superficie del SAR.
BS <sub>0</sub> (h')w(w) Seco muy calido con lluvias en verano	Media anual mayor de 22°C(en el mes más frío se percibe una temperatura no menor de 18°C).	Lluvias de verano del 5% al 10.2% anual e invernal menor al 5%.	Se presenta en una unidad al Centro-Oeste del SAR y representa el 6.53% de la superficie del SAR.

#### IV.2.1.2 Fisiografía y Geomorfología

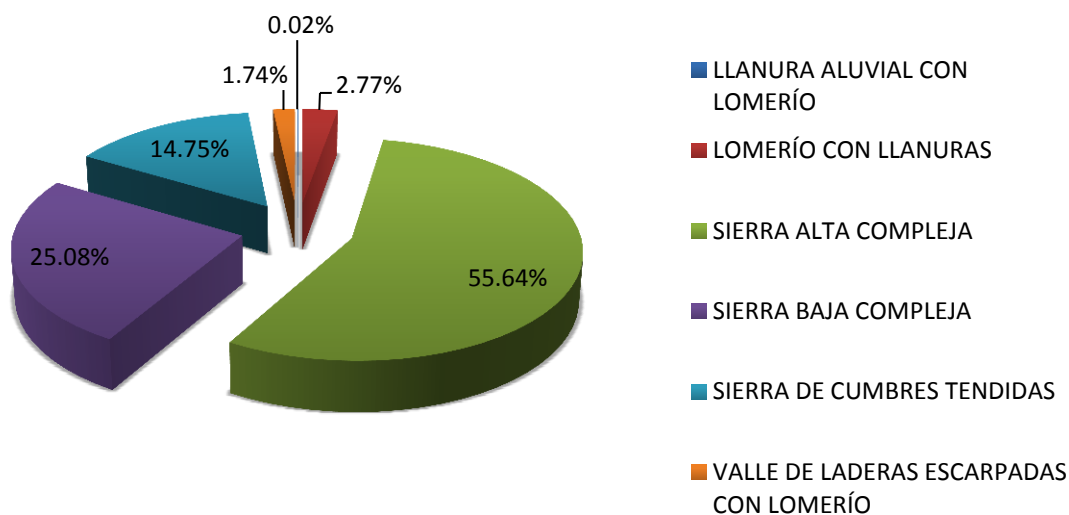
##### IV.2.1.2.1 Fisiografía

El SAR se ubica en su totalidad dentro de la Provincia Fisiográfica denominada Sierra Madre del Sur, dentro de dos subprovincias fisiográficas, Sierras Orientales y Sierras y valles de Oaxaca. Esta provincia, debe muchos de sus rasgos particulares en su relación con la placa de cocos, la cual es de las placas móviles que integran la litosfera, a esto se le debe la fuerte sismicidad que se manifiesta en esta provincia, en particular sobre las costas oaxaqueñas y guerrerenses. La Subprovincia *Sierras Orientales*, se forma el extremo oriental de la provincia Sierra Madre del Sur y comprende parte de los estados de Puebla, Veracruz-Llave y Oaxaca. Se caracteriza por ser escarpada con altitudes máximas de 3,400 m y litografía compleja (Consejo del sistema veracruzano del agua, 2000); en el SAR ocupa el 70.39% de la superficie y se ubica en la zona norte y al sur un pequeño fragmento.

La Subprovincia *Sierras y Valles de Oaxaca*, presenta una gran complejidad geológica, debido a las sierras escarpadas que la conforman. En el SAR se encuentra representada en la parte central y al noroeste, donde las diferencias topográficas contrastantes por debajo de los 1,400 m de altitud se presentan valles y montañas aluviales con pendientes de hasta 30° que drenan a la cuenca del río Tehuantepec con un diseño fluvial enrejado (Ortiz, et al., 2004).

#### IV.2.1.2.2 Geomorfología

Las topofomas presentes son sierras altas complejas (55.64% de la superficie) que se ubican en tres áreas, una en el sur, otra en el oeste y la mayor parte al noreste; asociadas a la sierra baja compleja (25.08%) ubicada en la zona central que corresponde a la Sierra y Valles de Oaxaca, separadas por valles de laderas escarpadas (1.74%) con lomeríos que conforman una franja, mientras, la sierra de cumbres tendidas (14.75%) se presentan principalmente en la zona noreste y un fragmento en la zona sur; el lomerío con llanura se presenta en la zona noroeste (2.77%) asociado a un pequeña porción al norte de esta llanura aluvial con lomeríos (0.02%).



Sistema de topofomas presentes en el SAR.

Debido al rango altitudinal que se presenta dentro del SAR, se encuentra una diversidad importante de ambientes, así como en topofomas y pendientes del suelo (Mittsheimeier y Goettsch, 1992). El SAR tiene una elevación máxima de 2820 msnm, y una mínima de 180 msnm. La pendiente media es de 41.13%.



Imagen IV.24 Perfil altimétrico del tramo 2 (km 72+500 –165+838.37 AD=165+000 AT) que muestra el gradiente altitudinal en el que se desarrollará el proyecto.

### IV.2.1.3 Geología

La región correspondiente al SAR desde el punto de vista geológico es una de las áreas más complejas de Norteamérica debido a los movimientos de las placas tectónicas y la subducción que convergen en esta región desde el Paleozoico al Mesozoico (Morán-Zenteno *et al.*, 2000), estos procesos tectónicos provocaron que grandes masas de rocas se hundieran y quedaran enterradas desde el inicio del Mioceno tardío, además de originar grandes cadenas montañosas (Centeno-García, 2004; Hernández *et al.*, 2009).

Mayoritariamente, las rocas encontradas se han formado bajo diferentes condiciones, las más antiguas son rocas metamórficas precámbricas originadas por el choque entre continentes, que actualmente forma una gran porción de la región norte y centro de la entidad que corresponden a la ubicación del SAR (Centeno-García, 2004).

Dentro del SAR se presentan once unidades geológicas, pertenecientes a las eras cenozoica, mesozoica y paleozoica:

Tabla IV.2 Clasificación geológica del SAR

UNIDAD GEOLÓGICA	SUPERFICIE DENTRO DEL SAR (HA)	% DENTRO DEL SAR
Ts(lgea)	162272.42	44.7
K(lgia)	76893.11	21.2
Ki(cz)	39983.54	11
Ti(lgei)	20044.75	5.5
Ts(lgei)	18854.47	5.2



UNIDAD GEOLÓGICA	SUPERFICIE DENTRO DEL SAR (HA)	% DENTRO DEL SAR
Js-Ki(lm-ar)	14826.13	4.1
Ti(lgea)	10021.86	2.8
Ki(lu-ar)	7819.35	2.2
TR-J(lm-ar)	5467.55	1.5
Tm(ar)	3837.95	1.1
T(lgei)	3041.98	0.8

En la **era Cenozoica** durante el periodo paleógeno se presentaron rocas ígneas extrusivas intermedias Ti(lgei), asociadas a extrusivas ácidas Ti(lgea), en el SAR se distribuyen al noreste; para el periodo neógeno predominan de la misma forma rocas ígneas extrusivas ácidas Ts(lgea) y básicas Ts(lgei), las cuales, se diferencian de las ácidas por sus abundantes minerales de hierro y magnesio, que se encuentran distribuidas al norte del SAR en zonas extremas al norte y sur; finalmente para el cenozoico terciario se encuentran areniscas Tm(ar) y rocas ígneas extrusivas intermedias T(lgei), en orden de mención para el SAR se presentan en el centro, al norte y en el centro-sur.

En la **era Mesozoica** temprana se formaron terrazas marinas (García-Mendoza *et al.*, 2004), en la transición del periodo jurásico superior a cretácico inferior, se formaron rocas sedimentarias principalmente limonitas-areniscas (Js-Ki(lm-ar), TR-J(lm-ar) y conglomerados (Js-Ki(cg)), dentro del SAR ambas rocas se encuentran al norte en diversas áreas, correspondiendo a las zonas con mayor altitud. En el cretácico inferior se originaron rocas intrusivas ácidas K(lgia), además sedimentarias, calizas Ki(cz) y lutitas-areniscas Ki(li-ar), dentro del SAR se encuentran en mayor extensión en la zona norte y centro, así como en una pequeña área en el sureste, mientras las calizas se presentan asociadas a estas en las mismas zonas.

Durante la **era Paleozoica** se formaron rocas ígneas intrusivas (granito), en periodos alternativos de invasión del mar y de emersión de las tierras que erosionaron y formaron las rocas continentales, mediante procesos volcánicos formando rocas ígneas intrusivas cristalinas, que derivaron en rocas metamórficas principalmente mármol P(M), en el SAR se presentan en una zona pequeña localizada en el sureste (Tolson, 2005; Atlas Estatal de Riesgos, 2007).

#### **IV.2.1.3.1 Geología del trazo (Estudio de Geotecnia)**

Del km 72+500 al km 74+000 el trazo se desarrolla sobre un un complejo piroclástico clasificado como toba dacítica que erráticamente presenta núcleos duros dioríticos y graníticos, con una formación sedimentaria compuesta por arenisca y limolita. Las rocas ígneas del complejo piroclástico se encuentran moderadamente fracturadas e intemperizadas. Las rocas sedimentarias se encuentran finamente estratificadas, con estratos desde 10 cm a un metro de espesor, y con echados muy irregulares.

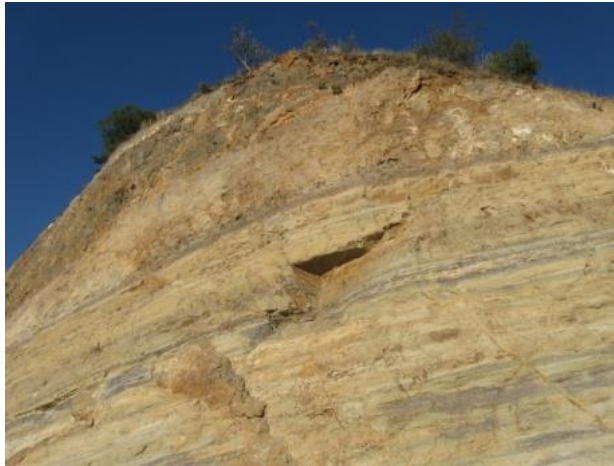


Imagen IV.25 Detalle de la zona de contacto entre toba y lutita.

Del km 74+000 al km 82+500 el trazo se desarrolla sobre un complejo piroclástico clasificado como toba dacítica que erráticamente presenta núcleos duros dioríticos y graníticos, con una formación sedimentaria compuesta por Lutitas. Las rocas ígneas del complejo piroclástico se encuentran fracturadas e intemperizadas. Las rocas sedimentarias se encuentran finamente estratificadas.

Del km 82+500 al km 91+040 el trazo se desarrolla sobre un contacto entre un complejo piroclástico clasificado como toba dacítica que erráticamente presenta núcleos duros dioríticos y graníticos, con intercalaciones de formación sedimentaria compuesta por arenisca y limolita. Las rocas ígneas, del complejo piroclásticos se encuentran moderadamente alteradas y fracturadas. Se intercalan lentes de lutita alterada.

La toba se encuentra entre los Km 91+040 y 99+000 y se encuentra en pseudoestratos con espesores desde 2 m hasta 6 m. Los pseudoestratos están sensiblemente horizontales y se encuentran desde litificados con el comportamiento de una roca sana, hasta material areno

limoso poco cementado y susceptible de erosionarse con facilidad al ser expuesto después de la excavación para los cortes de la carretera.

Entre los Km 93+400 y 94+340, se encuentra ignimbrita. Es una roca suave, porosa, de baja densidad, formada por ceniza volcánica y que se presenta en forma masiva.



Imagen IV.26 Toba intemperizada

Entre los cadenamientos 99+000 y 100+510 se encuentra toba dura litificada, en pseudoestrados de espesor grande de más de 6 m, con el comportamiento de una roca sana, material cementado y poco susceptible de erosionarse con facilidad.

Entre los Km 100+510 y 102+360, se encuentran afloramientos de granito color gris claro, intemperizada y poco fracturado. Es una roca dura de alta densidad (Rie).



Imagen IV.27 Granito en el Km 101+730

Entre los Km 102+360 y Km 103+440, se encuentra toba dacítica roca ígnea extrusiva (Rie), intemperizada y fracturada. Roca suave color café claro y macizo rocoso de mediana calidad.

Entre los cadenamientos 103+440 y Km 104+120 se presenta roca ígnea extrusiva (Rie), toba que se presenta como ignimbrita, macizo rocoso de mala a mediana calidad, y roca suave de color gris muy claro a blanco.

Del km 106+560 al km 115+000, se encuentra roca de origen ígneo (Rie), toba superficialmente intemperizada, con lentes aislados de roca metamórfica (Lutita).

Del km 1247+800 al km 133+360, se encuentra roca de origen sedimentario, caliza fracturada y alterada. Entre los km 127+800 y km 129+600, se encuentra roca sedimentaria, caliza fracturada, intemperizada y estratificada con espesor promedio de 1 m., y un macizo rocoso de mediana a buena calidad.

Entre los Km 129+600 y Km 133+360, se encuentra roca sedimentaria, caliza masiva, intemperizada y cavernosa, y un macizo rocoso de mediana a buena calidad.

Entre los Km 133+600 y Km 140+600, se encuentra roca de origen ígneo extrusiva, toba fracturada en diferentes estados de intemperización, y un macizo rocoso de mediana a buena calidad.

Del km 147+600 al km 156+600, se encuentra roca de origen ígneo, toba fracturada y alterada, con intercalaciones aisladas de roca metamórfica.

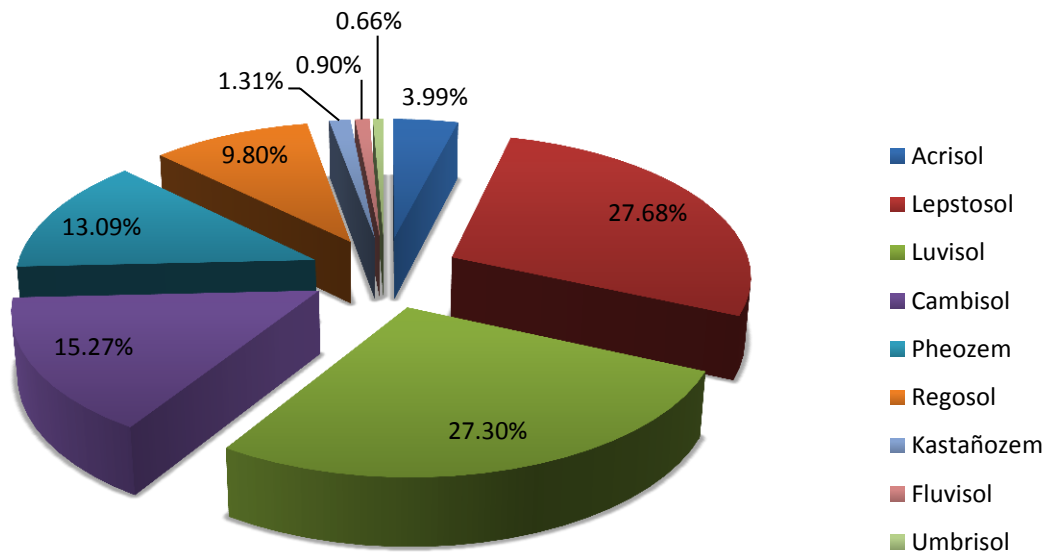


Imagen IV.28 Roca Ígnea extrusiva, intemperizada y fracturada en el Km 149+000

Entre los Km 147+600 y Km 157+000, se encuentra toba, roca ígnea extrusiva (Rie), intemperizada con lentes aislados de Lutita, y un macizo rocoso de mediana a buena calidad.

#### IV.2.1.4 Edafología

Para el SAR se presentan 9 tipos de suelos (Leptosoles, Luvisoles, Cambisoles, Phaeozems, Regosoles, Acrisoles, Kastañozems, Fluvisoles y Umbrisoles), donde el tipo de suelo dominante son los Leptosoles (27.68%); además de que estos tipos de suelos están conformados por 90 diferentes asociaciones edafológicas, donde la más abundante dentro del SAR con un porcentaje del 4.92% es del tipo Leptosol eutrico (LPeu+CMcrhu+LVhulen/2).



Porcentaje de las unidades edafológicas identificadas en el SAR

A continuación se describen los diferentes tipos de suelos presentes en el SAR:

- **Leptosoles (27.68% dentro del SAR)**

Este tipo de suelos están limitados en profundidad por roca dura continua dentro de los primeros 25 cm, provocando su escaso desarrollo y poca materia orgánica, los calificadores que presentan es eútrico, calcárico, mólico y húmico, el primer mencionado presenta, alguna de estas características: una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}_1 \text{ M}$ ) de 50%, mayor entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo, 20 cm y roca continua, una capa cementada o endurecida, una capa de 5 cm o más de espesor directamente encima de roca continua o la roca continua comienza dentro de 25

cm de la superficie del suelo. Dentro del SAR se ubican en la zona más sur y suroeste, además en zonas en el centro y centro-oeste.

Las asociaciones edafológicas identificadas en el SAR para los leptosoles son:

ASOCIACIONES EDAFOLÓGICAS DE TIPO LEPTOSOL
LPca+LVcrlen+CMeulen/3; LPca+LVcrllep/3; LPca+RGeulen+CMeulen/2; LPcarz+RGcalep+CMeulen/2; LPdy+CMdylep/2; LPeu/2; LPeu+CMcrhu+LVhulen/2; LPeu+CMeulen/1; LPeu+CMeulen+LVccwlen/2; LPeu+LVcrllep/2; LPeu+LVcrlen+PHlen/2; LPeu+RGeulen/3; LPeu+RGeulep/3; LPeuhk+CMcrlen+FLear/2R; LPhum+LVhulen+CMcrlen/3; LPmo+RGeulep/2; LPmo+RGeulen+CMcrlen/3; LPrz+LVcrlen/3; LPrz+CMeucr+LVcrlen/2R ; LPca/3

- **Luisoles (27.30% dentro del SAR)**

Estos suelos presentan un horizonte B árgico, cuya capacidad de cambio es igual o mayor de 24 cmol (+) kg<sup>-1</sup> de arcilla, un grado de saturación de 50% o mayor en la totalidad del horizonte B; la vegetación presente es selva o bosque y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, semejante a los acrisoles, pero son más fértiles y menos ácidos. El calificador con mayor presencia es crómico que se asocia a otros primarios o secundarios (cutánico, dístrico, léptico, profónico), presenta una coloración rojo a amarillenta, de fertilidad moderada, su uso es principalmente forestal y pecuario, dentro del SAR se presentan en zonas muy dispersas; y presenta 22 asociaciones dentro del SAR, las cuales son:

ASOCIACIONES EDAFOLÓGICAS DE TIPO LUVISOL
LVcrlen+CMcrlen+LPeu/3; LVcrlen+CMcrlen/3; LVcrlen+CMeucr+LPhu/2; LVcrlen+CMeulen/3; LVcrlen+CMeulen+LPmo/2; LVcrlen+LPeu+CMeulen/3; LVlen+UMhulen/3; LVcrlen+LPeu/2; LVcrlen+LPeuli/2R; LVcrlen+LPmo+CMeulen/2; LVcrlen+LPmo+CMeulen/2R; LVcrlen+RGeulen+LPmo/2; LVcrllep+CMcrlen+LPeu/2R; LVcrllep/2; LVcrhu+LPeu+CMcrlen/2; LVcrpf+CMcrlen+LPeu/2; LVdylen+CMcrdy+LPdy/3; LVlen+CMcrca+LPeu/2; LVlen+UMhulen/3; LVhulep+CMcrlen+LPhu/2R; LVpf+CMcalen+LPeu/2; LVctpf+CMcrlen/3

- **Cambisoles (15.27% dentro del SAR)**

Los suelos de tipo cambisol son suelos jóvenes y de poco a moderado desarrollo, en el subsuelo, presentan una capa que parece más suelo que roca, en la que se forman terrones y en el suelo no está suelto. Se caracterizan por presentar horizontes B cámbico, A ócrico o úmbico y A mólico situado inmediatamente encima de un horizonte B cámbico con grado de saturación (por NH<sub>4</sub>OAc) menor a 50%. En esta unidad no se presentan horizontes de diagnóstico desarrollados aunque tenga lugar diversos procesos edáficos, sus rendimientos depende mucho de las condiciones climáticas presentes, además tienen una susceptibilidad moderada-alta a la erosión. El cambisol crómico, es el más ampliamente distribuido, está asociado a calificadores (húmicos, léptico,



ródico) y se caracterizan por presentar un horizonte B cámbico de color rojizo a pardo oscuro y un grado de saturación del 50% o más; al menos en los 50 cm de profundidad a partir de la superficie tienen una alta capacidad de retener nutrientes; el uso principal es forestal y ganadero, ya que en la agricultura presenta rendimientos medios. Dentro del SAR ocupan un 15.27% de la superficie, al noroeste, norte-centro este y en una pequeña zona al suroeste; para este tipo de suelo se presentan dentro del SAR, con sus respectivas asociaciones edafológicas:

ASOCIACIONES EDAFOLÓGICAS DE TIPO CAMBISOL
CMcrlen/2; CMcrlen+LPeu/3R; CMcrlen+LPeu/2; CMcrlen+PHcrlep+PHlep/3; CMcrlen+LPeu/2r; CMcrlen+RGeulep+LPeu/2R; CMcrlep+LPeu/2; CMcrlep+LPeu+LVcrlen/3; CMLen+LVcrlen/2; CMeulen/3; CMeulen+LVcrlen/2; CMeulen+PHlen/2; CMhulen+LVcrlep+LPeu/2; CMrolep+CMca+LVcrlen/3R

- **Pheozems (13.09% dentro del SAR)**

Su origen es residual a partir de rocas sedimentarias e ígneas, que conforman sierras, llanuras, lomeríos y algunos valles, o de origen aluvial sobre sedimentos que conforman llanuras y valles, también son suelos oscuros, ricos en materia orgánica y porosos; excelentes para tierra agrícolas, ya que presentan un horizonte superficial de color claro que muestra signos de estancamiento de agua periódico y suprayace abruptamente un subsuelo denso, lentamente permeable con significativo incremento de arcilla respecto del horizonte superficial. El calificador dominante es léptico, es decir, que presenta roca continua que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo. Dentro del SAR se presentan únicamente en la zona noroeste, centro y noreste. Este tipo de suelo presenta doce diferentes tipos de asociaciones:

ASOCIACIONES EDAFOLÓGICAS DE TIPO PHEOZEMS
PHar+RGarlen+PHlv/1R; PHcrlep+PHlep+LPeu/3R; PHcanlv+RGeulep/2; PHlen/2; PHlen+LPeu+LVcrlen/2; PHlen+RGarlen/2; PHlep/2; PHlep+CMcrlen+LPca/1R; PHlep+LPeu+CMcrlen/2R; PHlep+LPeu/2; PHlep+RGeulep+LPeu/3; PHlv+LVcrvr+PHca/2R

- **Regoles (9.80% dentro del SAR)**

Los Regosoles, son de origen residual formados a partir de rocas de muy diversa naturaleza: ígneas intrusivas ácidas, metamórficas, volcanoclásticas y sedimentarias, como también de origen aluvial a partir de sedimentos recientes; todos estos materiales conforman topoformas de sierras, lomeríos, mesetas y valles, en los que predominan muy diversos climas desde cálidos húmedos, pasando por los templados, hasta climas secos, además se consideran como suelos no consolidados sin orientación; son producto residual de la erosión hídrica de laderas y forman playas que son ocupadas por zonas forestales, pecuarias y agrícolas. Dentro del SAR presentan principalmente calificador eútrico, con una saturación por bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50%, la

mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo y roca continua de 5 cm aproximadamente, generando dentro del SAR nueve interacciones de suelos:

ASOCIACIONES EDAFOLÓGICAS DE TIPO REGOSOLES
RGarlen/1; RGcalep+LPca/2; RGskar+LPeu+CMeulen/1; RGeulen/1; RGeulep+FLeu+PHca/2R; RGeulep+LPeu+CMeulen/2; RGeulep+LPeu/1; RGeulep+LPeu/2; RGeulep+PHlen+LPeu/2

- **Acrisoles (3.99% del SAR)**

Acrisoles son suelos que presentan un subhorizonte superficial B árgico de textura franco-arenosa, cuyo contenido de arcilla es superior al del horizonte situado encima, debido a una acumulación de arcilla aluvial por la erosión superficial selectiva y por la actividad biológica; la materia orgánica se encuentra en bajos porcentajes por lo que su capacidad de intercambio se reduce (menor a 24 cmol (+)Kg<sup>-1</sup>); debido a las condiciones de intemperismo, lixiviación e iluviación de las arcillas, siendo generalmente ácidos con arcillas de baja actividad y carente de nutrientes; sin embargo, favorecen el desarrollo de la vegetación. Se presenta con el calificador húmico, los cuales tienen una capa de color oscuro o negro sobre el suelo rojizo, presentando una capa rica en materia orgánica pero muy ácida y pobre en nutrientes. Dentro del SAR ocupan un 3.99% y se encuentran en la zona noroeste, además de presentarse tres asociaciones edafológicas.

ASOCIACIONES EDAFOLÓGICAS DE TIPO ACRISOL
ACHulen+CMdyhu+AClen/2; AChulen+CMdyhu+ACha/2; ACpfhu+LVdylen+LPdy/3

- **Castañozems (1.31% del SAR)**

Son suelos profundos sin limitantes, y de los tipos de castañozem que existen, sólo se encuentran en la entidad la subunidad de castañozems lúvicos que presentan un horizonte B argílico, abajo de éste puede existir un horizonte cálcico o gypsic; y como suelos secundarios, asociados a otras unidades de suelos, los castañozems cálcicos. Dentro del SAR se ubican en poca proporción en la zona centro con respecto a este.

ASOCIACION EDAFOÓGICA DE TIPO CASTAÑOSEMS
KSphcc+VRpeca+LPeu/2R

- **Fluvisoles (0.90%)**

Estos suelos se han formado a partir de depósitos aluviales recientes, por lo que es común que presenten horizontes muy heterogéneos de materiales disgregados, lo que los hace susceptibles a

la erosión por la baja compactación que cuentan, además de que no cuentan con estructuras de terrones por lo que también se consideran poco desarrollados, a pesar de esto tienen una buena fertilidad y una buena cantidad de nutrientes por ser calcáreos. Dentro del SAR este tipo de suelo se ubica en la parte noroeste y en la zona central; para este tipo de suelo solo se presentan cinco tipos de asociaciones edafológicas las cuales son:

**ASOCIACIONES EDAFOLOGICAS DE TIPO FLUVISOL**

FLca+PHca/2R; FLeu+CMeulen/2; FLeu/2R; FLeuar/1R; FLeuar+PHar/1R; LPeu+CMcrlen/2

▪ **Umbrisoles (0.66% con respecto al SAR)**

Suelos en los cuales se ha acumulado materia orgánica dentro del suelo superficial mineral (con baja saturación de bases) hasta el punto en que afecta significativamente el comportamiento y la utilización del suelo; son la contraparte de los suelos con horizonte mólico y alta saturación con bases en todo su espesor. Este tipo de suelos se genera principalmente en regiones húmedas sin déficit de humedad del suelo; por lo que, el principal calificador es el húmico, aunque también se presenta epiléptico y réndzico; donde el húmico presenta carbono orgánico en la fracción de tierra fina como promedio ponderado: Para el SAR se presentan en la zona norte al oeste y este; con tres asociaciones edafológicas:

**ASOCIACIONES EDAFOLOGICAS DE TIPO UMBRISOL**

UMlep+LPdy/3; UMhulep+LPdy/3R; UMhulep+LVcrdy+LPhuu/3R

**IV.2.1.5 Degradación de suelos**

Dentro del SAR se presentan suelos que son susceptibles a la erosión por los componentes, características y procesos orogénicos, además de la topografía accidentada. Al erosionarse las fracciones finas, las gravas y piedras van concentrándose sobre la superficie del terreno y posteriormente en distintos horizontes, con fuerte sinergia a la pendiente, donde en la parte alta será menor y al pie se volverán máximos (Factores de erosión, 2013)

Dentro del SAR, se identifican dos tipos de degradación de suelo, degradación hídrica (Hs, Hc) y química (Qd), el resto del SAR presenta un suelo estable, a pesar de las actividades humanas (SN).

Tabla IV.3 Tipos de degradación presentes en el SAR

TIPO DE DEGRADACIÓN EN EL SAR	SUPERFICIE (HA) DENTRO DEL SAR	% DENTRO DEL SAR
Degradación Hídrica	109244.42	30.09
Degradación química	49655.89	13.68
Suelo estable	204162.79	56.23

La degradación hídrica es la que se presenta en mayor superficie dentro del SAR, esta se genera principalmente por la pérdida del suelo superficial (Hs), y por la deformación del terreno (Hc), en menor porcentaje (1.01% con respecto al SAR), siendo las causas principales, las actividades agrícolas, la sobreexplotación de la vegetación para consumo humano, la deforestación y el sobrepastoreo en la zona.

Mientras que la degradación química presente en el SAR, se da por la declinación de la fertilidad (Qd), este tipo de degradación es generada principalmente por las actividades de deforestación y por actividades agrícolas.

Tabla IV.4 Degradación hídrica y química presentes en el SAR

TIPOS DE DEGRADACIÓN		% DENTRO DEL SAR	SUPERFICIE (HA) DENTRO DEL SAR
Degradación hídrica	Hs Pérdida del suelo superficial	29.08	105586.31
	Hc Deformación del terreno	1.01	3658.11
Degradación química	Qd Declinación de la fertilidad	13.68	49655.89

Una vez que se identificaron los tipos y las causas de degradación de suelo en el SAR, este se dividió en 47 zonas que presentan algún proceso de degradación, de las cuales se describen las que ocupan más del 5% de la superficie, las cuales son consideradas como las más representativas:

Tabla IV.5 Principales zonas de degradación de suelo en el SAR.

ZONA	SUPERFICIE (HA) DENTRO DEL SAR	% DENTRO DEL SAR	DEGRADACION			UBICACIÓN EN EL SAR
			TIPO	CAUSA	GRADO	
21	2799.3.37	7.71	Química (Qd)	e/f, sobre explotación de la vegetación y deforestación	1 Ligero	Parte noroeste
26	35700.92	9.83	Hídrica (Hs)	g, Sobrepastoreo	1 Ligero	Zona centro prolongándose al suroeste
32	24961.59	6.88	Hídrica (Hs)	f/a, actividades agrícolas y deforestación	1 Ligero	Parte noroeste

#### IV.2.1.6 Uso de suelo y vegetación

Esta descripción se basa en la carta de uso del suelo y vegetación obtenida del INEGI (Serie III, 2005), que describe el estado de la cubierta vegetal dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR). Dentro del SAR se encuentran en desarrollo comunidades vegetales de carácter primario y secundario, donde las distintas actividades antropogénicas son las principales en propiciar cambios en la composición, estructura y funcionamiento dentro de los diferentes tipos de vegetación original. La transformación de terrenos forestales a usos de suelo como pastizales inducidos y terrenos agrícolas han incidido notablemente dentro del ecosistema; sin embargo, paisajísticamente en zonas cercanas al proyecto se observan sitios en buen estado de conservación, donde la cobertura forestal aun es considerablemente densa.

En el siguiente mapa se muestran los tipos de vegetación y uso del suelo a nivel de SAR:

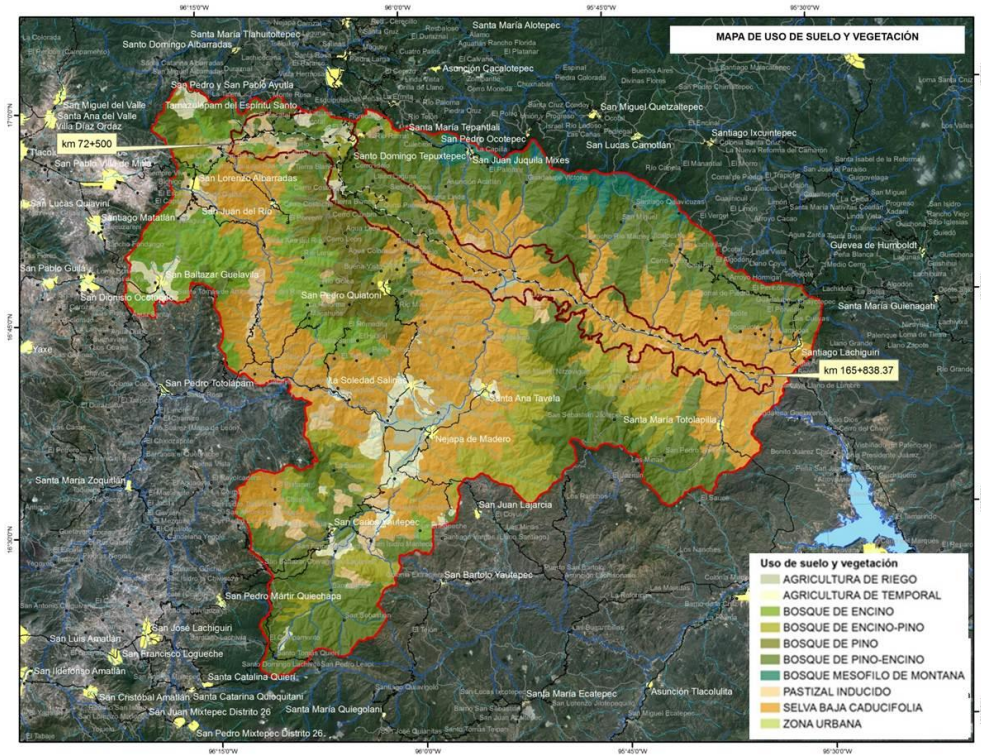


Imagen IV.29 Mapa de uso de suelo y vegetación, para el SAR

La siguiente tabla muestra las superficies obtenidas para cada uso de suelo y tipos de vegetación que se distribuyen dentro del SAR:

Tabla IV.6 Superficies y % de tipos de uso de suelo y vegetación a nivel del SAR

TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SAR	SUPERFICIE (HA) SAR	PORCENTAJE (%) SAR
Selva baja caducifolia	127501.70	35.12
Bosque de pino - encino	115675.01	31.86
Bosque de encino - pino	33923.80	9.34
Bosque de encino	33172.55	9.14
Bosque de pino	14690.89	4.05
Agricultura de Temporal	13391.60	3.69
Pastizal inducido	13233.06	3.64
Bosque mesófilo de montaña	7346.81	2.02
Agricultura de Riego	3868.68	1.07
Zona Urbana	258.98	0.07



TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SAR	SUPERFICIE (HA) SAR	PORCENTAJE (%) SAR
Total	363063.10	100

A nivel del Área de Influencia, los tipos de usos de suelo y vegetación; Selva baja caducifolia (5.6%), Bosque de pino-encino (3.5%), Pastizal Inducido (0.6%), Bosque de encino-pino (0.6%), Agricultura de Temporal (0.4%), Bosque de encino (0.3%), Agricultura de Riego (0.1%) y Bosque de pino (0.1%) representan el 11.2% respecto al SAR.

Tabla IV.7 Superficies y % de tipos de uso de suelo y vegetación a nivel del AI

TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL AI	SUPERFICIE (HA) AI	PORCENTAJE (%) AI	PROPORCIÓN DEL AI RESPECTO AL SAR (%)
Selva baja caducifolia	20224.09	35.12	5.6
Bosque de pino - encino	12751.08	31.86	3.5
Pastizal Inducido	2272.74	9.34	0.6
Bosque de encino-pino	2123.67	9.14	0.6
Agricultura de Temporal	1539.94	4.05	0.4
Bosque de encino	1183.97	3.69	0.3
Agricultura de Riego	363.51	3.64	0.1
Bosque de pino	287.90	2.02	0.1
Total	40746.89	100	11.2

Esta información fue completada y corroborada con visitas de campo, específicamente en la totalidad del proyecto a construir y en sus inmediaciones próximas, durante la cual se efectuaron recorridos y observaciones *in situ* (criterio fisonómico-florístico) considerando géneros y especies dominantes los cuales determinan los tipos de vegetación, además se tomaron fotografías en puntos específicos con el fin de brindar un mayor conocimiento en cuanto a la composición y estructura de las diferentes comunidades vegetales. Esta información ayudará a determinar adecuadamente las condiciones actuales del sitio, para así lograr obtener una valoración de la actual calidad ambiental y un panorama más claro de los posibles impactos ambientales que se puedan generar con la construcción del proyecto a los diferentes tipos de vegetación. En la siguiente imagen se ejemplifican los tipos de vegetación y uso de suelo *in situ*:

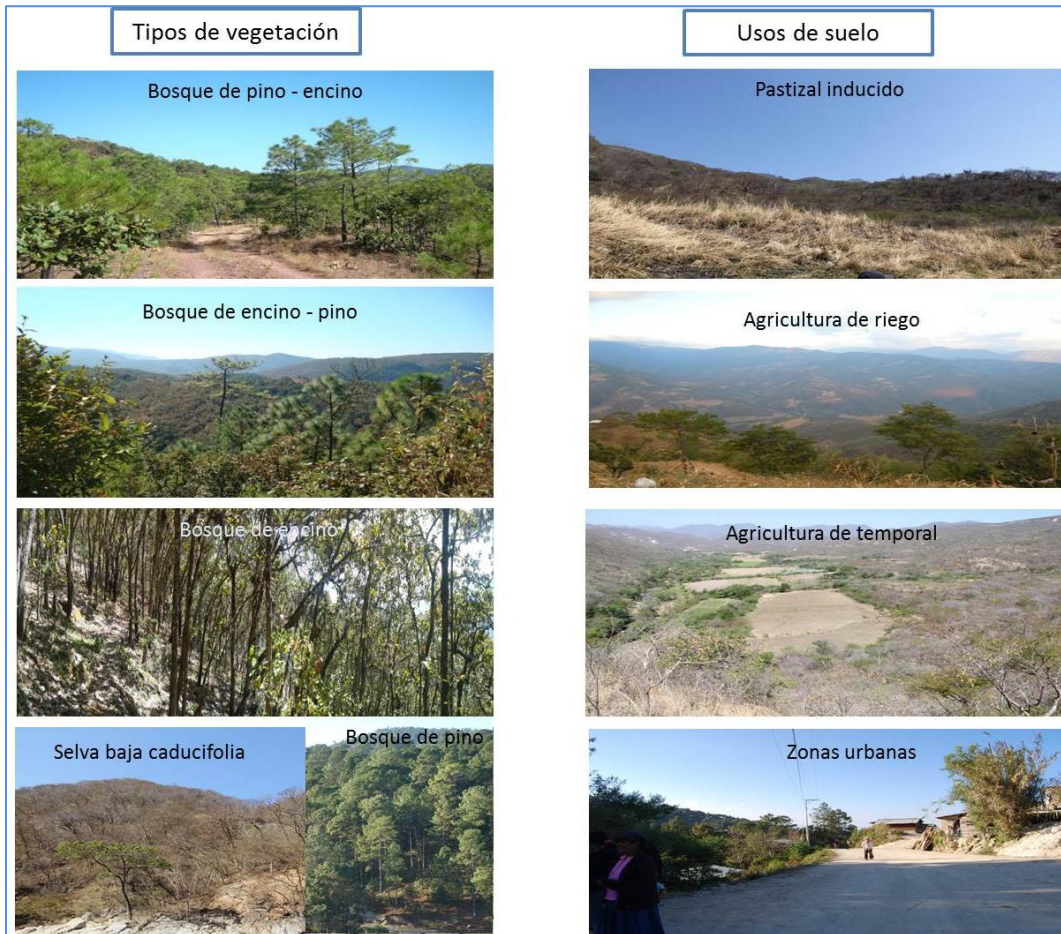


Imagen IV.30 Usos de suelo y vegetación presentes en el SAR y AI.

#### IV.2.1.7 Hidrología superficial y subterránea

##### IV.2.1.7.1 Hidrología superficial

El SAR se ubica dentro de la subcuenca del Alto Tehuantepec (RH22bc) perteneciente a la región hidrológica Tehuantepec (RH22) que ocupa la mayor parte de las llanuras istmeñas. La región comprende dos cuencas: Laguna superior e inferior y río Tehuantepec que nace en la Sierra Madre del Sur al noroeste del istmo, al sureste de la ciudad de Miahuatlán de Porfirio Díaz (INEGI, 2012).

La cuenca del río Tehuantepec (RH22b) ocupa más de la novena parte de la superficie del estado de Oaxaca, más de 10 mil km<sup>2</sup>, siendo compleja. El principal río de la cuenca es el río que lleva el nombre mencionado con 240 km aprox. de longitud, desagua 950 hm<sup>3</sup>/s en el Golfo de Tehuantepec (INEGI, 2012)

El SAR y AI le corresponde la subcuenca del Alto Tehuantepec, sin embargo, ha sido poco estudiada en términos de caracterización de recursos biológicos (Plan Comunitario de Uso del Suelo de la Comunidad de Santa María Zoquitlan, Oaxaca, 2008). En general los ríos de Oaxaca son jóvenes y sus cuencas son relativamente cortas con fuertes pendientes, esas características hacen que los escurrimientos sean violentos durante la etapa lluviosa, llevándose consigo grandes cantidades de suelo (Alfaro, 2004).

La subcuenca del Alto Tehuantepec, ha sido poco estudiada en términos de caracterización de recursos biológicos (Plan Comunitario de Uso del Suelo de la Comunidad de Santa María Zoquitlan, Oaxaca, 2008). Está conformada por 6,075 escurrimientos de los cuales 4,934 son intermitentes y 1,141 perennes (simulador de flujos de agua de cuencas hidrológicas, SIATL), de estos solo el 18.78% del total de los escurrimientos son permanentes, así se indica su condición de descarga de origen (INEGI, 2012). Tiene una superficie de 3628.62 km<sup>2</sup>, y es de tipo exorreica, que drena en la Presa Benito Juárez, a través del río Tehuantepec, el cual, es la corriente principal, con una longitud de 169 021 m, una elevación máxima de 1984 m, y una pendiente de 1.06%.

#### **IV.2.1.7.2 Hidrología subterránea**

En lo que respecta a la hidrología subterránea se presenta material consolidado con posibilidades bajas (97.92% de la superficie del SAR) y no consolidados (2.08%), debido a que presentan permeabilidad baja, ya que por su fracturamiento y porosidad baja intercomunicada no permiten tan fácilmente el paso y circulación del agua. Así la mayoría de las rocas de esta unidad conforman barreras hidráulicas por tener elesquistos, gneis, metasedimento, granito, granodiorita y caliza recristalizada. Las rocas que permiten el flujo y actúan como recarga son la caliza, así como, algunas tobas ácidas e intermedias no soldadas, excepcionalmente algunos granitos con intenso fracturamiento; de allí que por su estratigrafía y topografía, así como su baja posibilidad, no son aptos para construir acuíferos, generando algunos manantiales (Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales, 2004; Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Santa Ana Tavela, 2008).

No obstante, la capacidad de retención del manto está presente, pero también para que los mantos se recarguen está de por medio la función de la cobertura vegetal, la cual contribuye en la retención superficial del suelo-agua, finalmente la infiltración y flujo del líquido hacia el subsuelo para estar disponibles en los ríos permanentes y pozos; por lo que se debe poner especial énfasis sobre la cobertura vegetal, así como, evitar la contaminación de la capa superficial y subsuelo para no afectar la calidad del agua (Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Santa Ana Tavela, 2008).

El SAR se ubica dentro del Acuífero (2007) Tehuantepec, y se localiza al sureste del estado de Oaxaca, con un área aproximada de 14,000 km<sup>2</sup>. La disponibilidad de agua son para los municipios que lo conforman, como: San Pedro Quiatoni, San Juan del Río, San Lorenzo Albarradas, San Dionisio Ocotepc, Tlacolula de Matamoros, San Pedro Totolapa, Santa María Zoquitlán, Yaxe, San Pedro Taviche, San Baltazar Chichic, y San Jerónimo Taviche; de manera parcial los municipios de Santo Domingo Albarradas, San Pablo Villa de Mitla, Santiago Matatlán y San Miguel Tilqui, se encuentran dentro de la veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo. Debido a esta veda el acuífero 2007, sus condiciones de explotación actualmente son muy reducidas, siendo que la gran mayoría de los aprovechamientos hidrológicos son norias de uso doméstico o pecuario, y los pozos son de uso industrial (por ser reducida la industria en esta zona, el volumen extraído es poco significativo). Por otra parte la baja permeabilidad de los materiales ubicados fuera del cauce de los ríos no permite considerar a los acuíferos como fuente potencial de agua subterránea.

**VER CAPITULO VIII APARTADO VIII.1.1 MAPAS TEMÁTICOS. PARA LA VISUALIZACIÓN DE LOS MAPAS**

## **IV.2.2 Medio biótico**

### **IV.2.2.1 Flora**

#### **IV.2.2.1.1 Levantamiento de información en campo**

Respecto a la flora del SAR, la distribución y descripción general de los tipos de vegetación se realizó a partir de la cartografía y literatura científica. Así mismo, para la estructura y composición de las comunidades vegetales se recurrió a las bases de datos especializadas y a los estudios de campo. Se revisaron los registros contenidos en el Herbario Nacional (MEXU), en el Global Biodiversity Facility Information (GBIF) y en el Jardín Botánico de Missouri (MOBOT), además se complementó con el listado elaborado por García-Mendoza *et al.*, (2011) referente a la flora presente en el estado de Oaxaca.

Las bases de datos antes mencionadas pueden consultarse en línea. GBIF permite la búsqueda de registros a partir de coordenadas geográficas, los cuales se depuraron con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para considerar sólo aquellos reportados para el SAR. Sin embargo, MEXU y MOBOT no permiten este tipo de búsqueda, por lo que se descargaron todos los registros correspondientes a los municipios con mayor representación en el SAR.

Para este proyecto en particular, la mayor parte de los registros encontrados en MEXU estaban georreferenciados, lo que permitió proceder a su depuración con herramientas de SIG, como se hizo con los registros obtenidos en GBIF. Los registros no georreferenciados de MEXU se depuraron manualmente considerando la fecha y sitios de colecta. La depuración mediante

herramientas de SIG sólo no fue posible para los registros de MOBOT, los cuales no estaban georreferenciados.

#### **IV. 2.2.1.1.1 Estudios de campo**

Para los estudios de campo se realizaron recorridos en el Área de Influencia (AI), con especial atención en el trazo del camino. Durante dichos recorridos se hizo una verificación y reconocimiento de campo mediante observaciones cuantitativas, y consistió en un censo a nivel familia, género y especie de los tipos de vegetación presentes y que serán afectados directamente por la construcción del camino.

Para lo cual, se analizaron y fotografiaron los especímenes en campo. Los datos florísticos que se levantaron incluyó información general de aspectos físicos (condiciones del suelo y del relieve) y ecológicos (especies asociadas y estado de conservación); además de información específica de la estructura y composición florísticas, apropiada para cada comunidad vegetal.

#### **IV.2.2.1.1.2 Análisis de datos**

La información bibliográfica de las bases de datos y la obtenida en campo se analizó para interpretar las características estructurales de los ecosistemas del SAR; generando gráficos que permitieran una descripción lo más precisa posible del sistema ambiental. La metodología ocupada para alcanzar estos objetivos se apoyó en la tecnología, el conocimiento y experiencia de profesionistas en el área biológica. Entre las herramientas tecnológicas se cuentan, además del equipo de campo, el uso de software para el análisis de bases de datos y de la información geográfica.

Los registros de flora descargados de MEXU, GBIF y MOBOT se procesaron en Excel. Además de depurarlos para que correspondieran al área de estudio y a los ecosistemas presentes en ella, se revisaron minuciosamente para eliminar datos duplicados por sinonimia o errores de escritura, así como para uniformizar el sistema nomenclatural, para el cual se usó como referencia MOBOT.

Las especies observadas en campo durante los recorridos por el área de estudio, fueron identificadas con el apoyo de fichas y literatura botánica.

Por último el listado de probable ocurrencia se cotejó con la lista de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, se complementó con las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2012 (IUCN, *por sus siglas en inglés*) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, *por sus siglas en inglés*).

#### IV.2.2.1.2 Riqueza florística del SAR

El estado de Oaxaca ocupa el tercer lugar a nivel nacional por su riqueza florística. De acuerdo a estimaciones recientes, Oaxaca alberga un total de 4,085 especies de plantas vasculares; 3,338 angiospermas, 28 especies de gimnospermas y 669 especies de helechos y plantas afines (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Por otra parte, para el SAR existe una carencia de información, debido al difícil acceso de la zona de estudio pero que ha sido reconocida con una gran diversidad biológica (Acosta-Castellanos, 1995; Pérez-García *et al.*, 2001).

De acuerdo con el listado de probable ocurrencia obtenido para el SAR, la riqueza total está representada por 56 órdenes, 179 familias, 948 géneros y un total de 2538 especies. Dentro de las cuales, el mayor número de especies pertenecen al grupo de angiospermas con 2,444 especies, 67 pteridofitas, 18 briofitas y en menor número las gimnospermas con 9 especies.



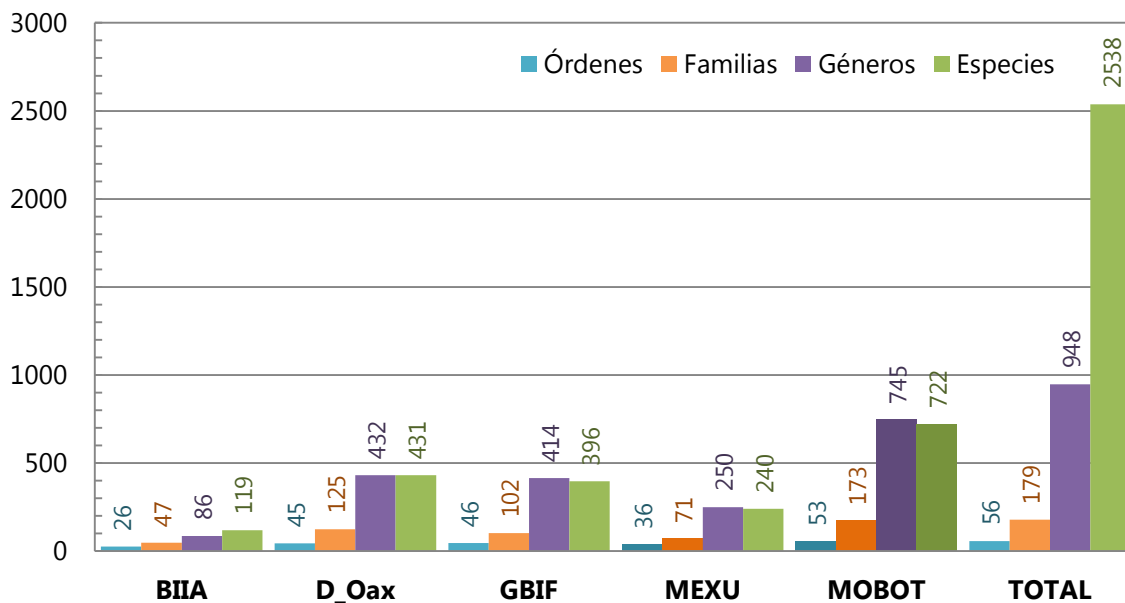
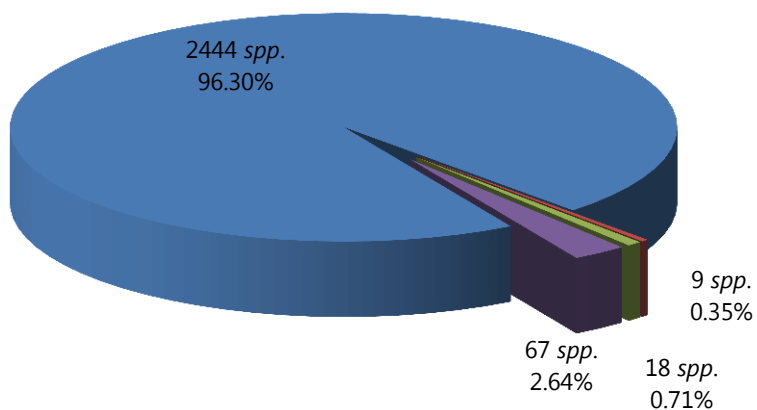


Imagen IV.31 Riqueza florística del SAR por nivel taxonómico. BIIA: Biología Integral en Impacto Ambiental, D\_Oax: Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas, GBIF: Global Biodiversity Information Facility, MEXU: Herbario Nacional de México,MOBOT: Jardín Botánico de Missouri.

■ Angiospermas ■ Gimnospermas ■ Briofitas ■ Pteridofitas



Grupos de plantas a nivel SAR.

Entre las angiospermas, la familia con mayor abundancia por su riqueza específica es Fabaceae (391 especies), seguida de Asteraceae (282 especies) y Poaceae (129 especies). En el contexto nacional, Fabaceae es la segunda familia más importante de las angiospermas del país, con una alta proporción de especies endémicas (Sousa, 2010). Asteraceae tiene una distribución cosmopolita y su fácil desarrollo en cualquier tipo de hábitat, mientras que Poaceae, es considerada como la cuarta familia más numerosa de las fanerógamas.

El siguiente gráfico muestra la riqueza de especies para las 15 familias con un mayor número de especies con probable ocurrencia dentro del SAR, que representan el 59.6% del listado potencial.

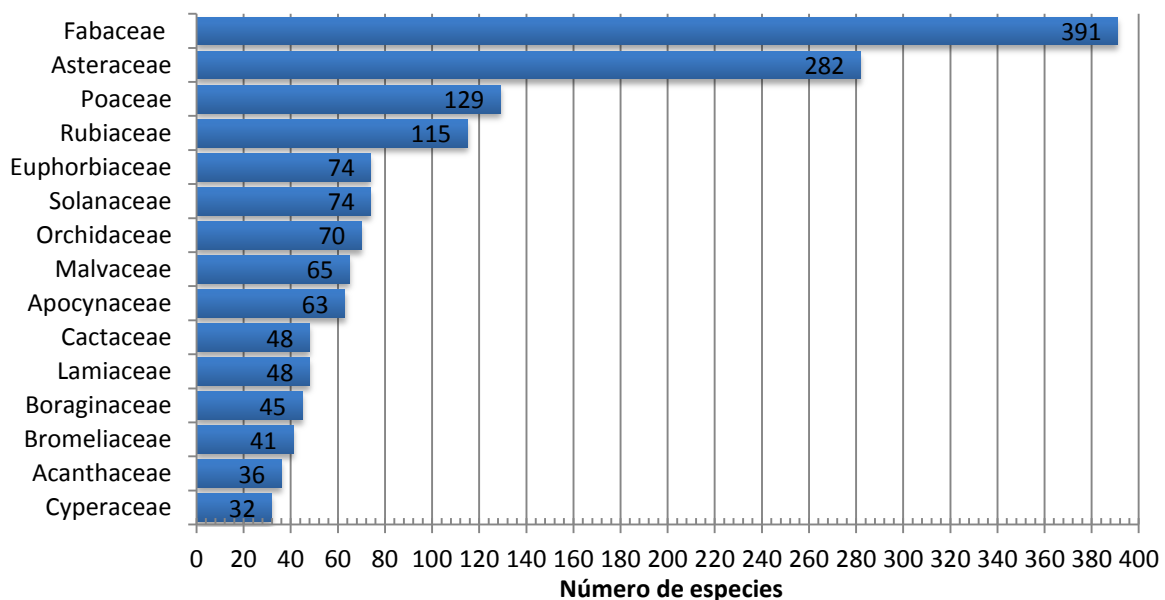
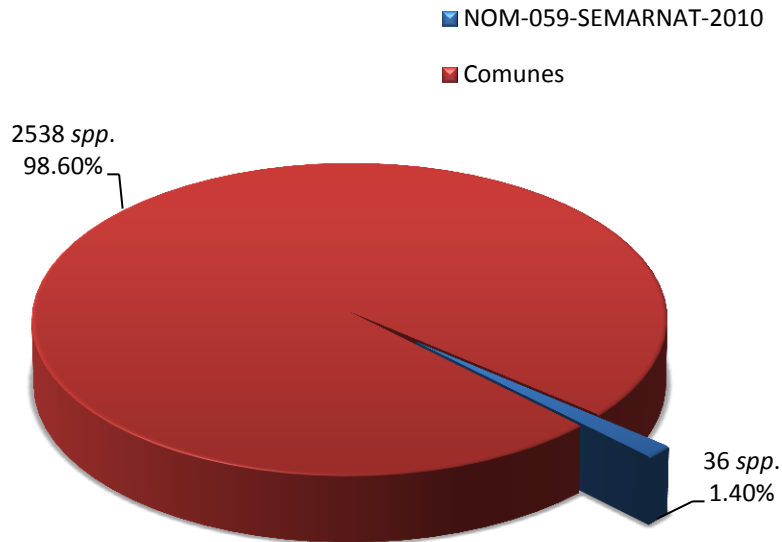


Imagen IV.32 Principales familias de plantas en la zona cálida a nivel AI.

#### IV. 2.2.1.2.1 Poblaciones en riesgo a nivel SAR

Debido a la actual situación general de deterioro de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad en el mundo, diversas instancias han elaborado listados de especies que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo y que requieren acciones para su preservación. En el ámbito internacional podemos citar la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En México, la NOM-059-SEMARNAT-2010 establece las especies de seres vivos que se encuentran extintos en la vida silvestre (E), en peligro de extinción (P), amenazados (A) o bajo protección especial (Pr); indicando si son endémicas para nuestro país.

De un total de 2538 especies de flora identificadas para el SAR, 36 especies pertenecientes a 22 familias, se consideran como poblaciones en riesgo. Todas ellas se encuentran bajo alguna categoría dentro de la NOM 059 SEMARNAT 2010.



Especies en categoría de riesgo a nivel SAR (probable ocurrencia)

FAMILIA	ESPECIE	VARIEDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>		A
Arecaceae	<i>Chamaedorea elatior</i>		
	<i>Chamaedorea liebmannii</i>		
	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>		
	<i>Chamaedorea rigida</i>		
Asparagaceae	<i>Beaucarnea stricta</i>		
	<i>Agave guiengola</i>		
Betulaceae	<i>Carpinus caroliniana</i>		
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia concolor</i>		
	<i>Tillandsia imperialis</i>		

FAMILIA	ESPECIE	VARIEDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010
	<i>Tillandsia tricolor</i>		
Cactaceae	* <i>Coryphantha elephantidens</i>	<i>elephantidens</i>	
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>		
Chrysobalanaceae	<i>Licania arborea</i>		
Fabaceae	* <i>Erythrina coralloides</i>		
Iridaceae	<i>Fosteria oaxacana</i>		
Malvaceae	<i>Dendrosida breedlovei</i>		
Orchidaceae	<i>Oncidium incurvum</i>		
	<i>Rhynchostele cordata</i>		
	<i>Rhynchostele ehrenbergii</i>		
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum coulteri</i>		
Fabaceae	<i>Dalbergia congestiflora</i>		P
Bromeliaceae	<i>Catopsis berteroniana</i>		
Cactaceae	* <i>Mammillaria duoformis</i>		
	<i>Mitrocereus fulviceps</i>		
Culcitaceae	<i>Culcita conifolia</i>		
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>		
Cyatheaceae	<i>Cyathea schiedeana</i>		
	<i>Sphaeropteris horrida</i>		Pr
Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i>		
Orchidaceae	<i>Prosthechea vitellina</i>		
Pinaceae	* <i>Pinus chiapensis</i>		
Poaceae	<i>Tripsacum zopilotense</i>		
Podocarpaceae	* <i>Podocarpus matudae</i>		
Symplocaceae	<i>Symplocos coccinea</i>		
*Especies registradas en campo.			
NOM-059-SEMARNAT-2010: Amenazada (A), Protección Especial (Pr), Peligro de Extinción (P).			

*Cabe mencionar, que la distribución de las especies antes mencionadas es de probable ocurrencia dentro del SAR en estudio.*

#### IV.2.2.1.3 Tipos de vegetación en el eje troncal

A nivel eje troncal (tramo 2) los tipos de vegetación que serán directamente afectados por la construcción del proyecto, caracterizados en campo y validados con la guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación del INEGI (Serie III, 2005), se presentan a continuación:

CADENAMIENTOS INICIO-FIN APROXIMADOS	VEGETACIÓN DOMINANTE	CADENAMIENTOS INICIO-FIN APROXIMADOS	VEGETACIÓN DOMINANTE
72+500 – 75+000	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	75+000 – 75+100	Bosque pino-encino secundario arbóreo
75+100 – 75+500	Bosque pino-encino secundario arbustivo	75+500 – 75+840	Bosque pino-encino secundario arbóreo
75+840 – 76+060	Bosque pino-encino secundario arbustivo	76+060 – 76+120	Bosque pino-encino secundario arbóreo
76+120 – 76+900	Bosque pino-encino secundario arbustivo	76+900 – 77+000	Bosque pino-encino secundario arbóreo
77+000 – 77+240	Bosque pino-encino secundario arbustivo	77+240 - 77+560	Bosque pino-encino secundario arbóreo
77+560 – 77+840	Bosque pino-encino secundario arbustivo	77+840 – 79+200	Bosque pino-encino secundario arbóreo
79+200 – 81+960	Bosque pino-encino secundario arbustivo	81+960 – 82+760	Bosque pino-encino secundario arbóreo
82+760 – 85+470	Bosque pino-encino secundario arbustivo	85+470 – 85+850	Bosque pino-encino secundario arbóreo
85+850 – 86+100	Bosque pino-encino secundario arbustivo	86+120 – 86+160	Bosque pino-encino secundario arbóreo
86+300 – 86+320	Bosque pino-encino secundario arbustivo	86+370 – 86+400	Bosque pino-encino secundario arbustivo
86+550 – 86+700	Bosque pino-encino secundario arbustivo	86+700 – 86+900	Bosque encino-pino secundario arbóreo
86+900 – 87+300	Bosque encino-pino secundario arbustivo	87+400 – 89+340	Bosque encino-pino secundario arbóreo
89+340 – 89+900	Bosque encino-pino	89+900 – 94+920	Bosque encino-pino

CADENAMIENTOS INICIO-FIN APROXIMADOS	VEGETACIÓN DOMINANTE	CADENAMIENTOS INICIO-FIN APROXIMADOS	VEGETACIÓN DOMINANTE
	secundario arbustivo		secundario arbóreo
94+920 – 105+900	Bosque pino-encino secundario arbóreo	105+900 – 106+690	Bosque encino-pino secundario arbóreo
106+740 – 107+000	Bosque pino-encino secundario arbustivo	107+000 – 111+200	Bosque pino-encino secundario arbóreo
111+200 – 111+910	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	111+910 – 112+700	Bosque pino-encino secundario arbustivo
112+700 – 112+840	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	112+840 – 113+600	Bosque pino-encino secundario arbóreo
113+600 – 114+900	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	114+900 – 115+300	Bosque pino-encino secundario arbóreo
115+300 – 118+200	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	118+200 – 122+200	Selva baja caducifolia primaria arbórea
122+200 – 122+600	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	122+600 – 123+400	Selva baja caducifolia secundaria arbórea
123+400 – 127+600	Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	127+600 – *527+760	Selva baja caducifolia secundaria arbórea
*527+760 – 134+660	Selva baja caducifolia primaria arbórea	134+660 – 134+780	Selva mediana subcaducifolia arbórea
134+780 – 142+700	Selva baja caducifolia primaria arbórea	142+700 – 142+740	Selva mediana subcaducifolia arbórea
142+740 – 165+838.37	Selva baja caducifolia primaria arbórea		

\*Nota: Cadenamiento ubicado entre las igualdades km 127+700 AT = 526+367.242 AD y km 527+880 AT = 127+880 AD.

### Bosques templados

La estructura y composición de estas comunidades vegetales varían respecto a un gradiente frecuentemente altitudinal; en regiones topográficamente accidentadas la riqueza de especies y la composición florística tiende a ser mayor en altitudes bajas (Lomolino, 2001; Chang-Ming *et al.*, 2005; Hai-Bao *et al.*, 2006). Así mismo, se ha observado que las especies arbustivas disminuyen



con la altitud a diferencia de las especies arbóreas no caducifolias (Vázquez y Givnish, 1998; Khatkwal *et al.*, 2005; Chang-Ming *et al.*, 2005; Hai-Bao, 2006).



Imagen IV.33 Vista panorámica de la vegetación en zonas templadas del AI.

#### **Bosque de Pino-Encino (BPE)**

Esta comunidad abarca una gran extensión en el área de estudio, sin embargo presenta un estado de conservación secundario como efecto de las actividades agrícolas que se desarrollan a su alrededor, debido a que la densidad de las poblaciones en la zona ha ido en aumento. A pesar de la fragmentación que ha sufrido la vegetación original, habitan especies arbóreas nativas como; *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. chiapensis* esta última en categoría de riesgo (Pr), asociadas a especies de encinos; *Quercus conspersa* y *Q. peduncularis*. Y coexisten con especies pioneras como *Buddleja cordata*, *Prunus serotina* y *Acacia pennatula*.



Imagen IV.34 Comunidad de pino-encino con un estado de conservación secundario.

El estrato arbustivo se encuentra conformado por; *Pistacia mexicana*, *Arctostaphylos pungens*, *Acacia angustissima*, *A. macracantha*, *Calliandra grandiflora*, *Podocarpus guatemalensis* y *P. matudae*, esta última especie se encuentra en categorías de riesgo (Pr) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. El estrato herbáceo se compone de; *Eryngium carlinae*, *Pinguicula moranensis*, donde el grupo de las Pteridofitas se encuentra representado por; *Elaphoglossum muelleri* e individuos pertenecientes al género *Cheilanthes sp.* y *Selaginella sp.*

Por otra parte, existe un alto número de especies indicadoras de la perturbación que ha sufrido la vegetación original de esta comunidad, arbustivas como; *Vernonia conzatti*, *Senna occidentalis*, *Buddleja sessiliflora* y *Solanum lanceolatum*, y herbáceas como; *Ageratina tomentella*, *Ageratum houstonianum*, *Cucurbita argyrosperma*, *Salvia cinnabarina*, *S. purpurea*, *Phytolacca octandra*, *Loeselia mexicana*, *Solanum pubigerum*, *Lantana camara*, *Cirsium vulgare* y *Melinis repens*. Estas dos últimas especies son introducidas con un comportamiento malezoide considerable.

### **Bosque de Encino-Pino (BEP)**

Esta comunidad vegetal se desarrolla sobre las laderas, en donde presenta un estado de conservación secundario.

En la cobertura vegetal dominan encinos tales como; *Quercus conspersa*, *Q. glaucoides*, *Q. magnoliifolia*, *Q. peduncularis* y *Q. crassifolia*, asociados a especies de pino; *Pinus pseudostrobus* y *P. chiapensis* que se encuentra en categoría de riesgo (Pr). Así mismo es frecuente observar *Arbutus xalapensis*, *Acacia pennatula* y *Prunus serótina*, estas dos últimas en áreas que se

encuentran con mayor perturbación. En el estrato arbustivo habitan suculentas como; *Agave marmorata* y *Nolina parvifolia* con herbáceas como *Solanum lanceolatum* y *S. lesteri*.



Imagen IV.35 Estrato arbóreo de la comunidad de encino-pino.

Sin embargo a pesar de la fragmentación que ha sufrido esta comunidad, abundan especies epifitas de bromelias; *Tillandsia plumosa*, *T. polystachia*, *T. recurvata*, *T. shiedeana* y *T. usneoides*. Una orquídea terrestre; *Prosthechea michuacana* y una cactáceas globosa en categoría de riesgo (Pr) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010; *Mammillaria duoformis*.

### **Selvas secas**

Las selvas secas deben su nombre a que la mayor parte de las plantas que en ellas existen, pierden totalmente sus hojas durante una temporada del año (estiaje). Esta característica es muy contrastante con respecto a las selvas húmedas, cuya vegetación alcanza grandes alturas y se mantiene siempre verde. Normalmente la época de lluvia está comprendida entre los meses de julio a octubre, mientras que a finales del otoño es cuando empieza la intensa sequía, que ha de prolongarse durante los siguientes seis u ocho meses. Poco a poco, la pérdida de hojas pinta el panorama de café o gris, lo que hace más intenso el calor y seco el ambiente.

Los componentes arbóreos de estas zonas son de menor altura, con copas extendidas y el estrato arbustivo es muy denso a comparación de los bosques templados. Por lo que, existe una mayor diversidad florística y el número de especies endémicas es elevado. Además, las selvas secas se caracterizan por perder sus hojas durante cierto periodo en la época seca del año.



Como parte de este ecosistema a nivel eje troncal se encuentra la Selva Baja Caducifolia (SBC) y Selva Mediana Subcaducifolia (SMSub).

### **Selva Baja Caducifolia (SBC)**

Este tipo de vegetación es la más abundante en la zona de estudio con una alta diversidad de especies. En donde se reconocen dos estratos vegetales (arbóreo y arbustivo) con un grado de conservación primario y secundario.

En la selva baja primaria existe poca perturbación, se presenta como una comunidad densa, donde los componentes arbóreos propios de esta comunidad son; *Cyrtocarpa procera*, *Amphipterygium adstringens*, *Plumeria rubra*, *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera fagaroides*, *B. simaruba*, *Acacia picachensis*, *Haematoxylum brasiletto*, *Lysiloma acapulcense*, *L. divaricatum*, *Pithecellobium mangense*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Ceiba aesculifolia*, *Pseudobombax ellipticum*, *Psidium sartorianum*. Estas especies arbóreas son el hábitat de epifitas como bromelias (*Tillandsia ionantha*, *T. mayokana*) y orquídeas (*Catasetum integerrimum*).

La riqueza de especies en el estrato arbustivo es poco, sólo se registró a *Acacia picachensis*, y *Pedilanthus tithymalaoides* y *Jacquinia seleriana*, esta última endémica de la región. Mientras que el estrato herbáceo se encuentra poco desarrollado.



Imagen IV.36 Estrato arbóreo de la selva baja caducifolia en la zona del proyecto (tramo 2).

Por otra parte, los fragmentos de selva baja con un estado secundario se localizan cercanos a poblados y terrenos agrícolas, en donde el estrato arbóreo y arbustivo se encuentra dominado por *Acacia cochliacantha*, *Bauhinia divaricata*, *Pithecellobium dulce*, *Senna atomaria*, *S. wislizeni* var. *pringlei* y a su vez se han establecido especies exóticas observadas como: *Ricinus communis* y *Nicotiana glauca*.

Por otro lado, una forma de vida interesante son las cactáceas columnares, candelabriformes y globosas; *Acanthocereus tetragonus*, *Ferocactus sp.*, *Mammillaria albilanata*, *Mammillaria nejapensis*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Nopalea karwinskiana*, *Opuntia pilifera*, *Opuntia pubescens*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Peniocereus sp.*, *Stenocereus pentangunus*, *Stenocereus stellatus*, *Stenocereus tetragonus*. Asociadas a plantas suculentas; *Agave angustifolia* e individuos del género *Hechtia sp.*, que abundan en estas selvas e imprimen un sello particular de alta calidad estética a la fisonomía del paisaje.



Imagen IV.37 Fisonomía de la selva baja con componentes propios arbóreos asociados a cactáceas.

### ***Selva Mediana Subcaducifolia (SMSub)***

Este tipo de vegetación se caracteriza porque de 50 a 75% de sus especies dominantes pierden sus hojas durante la época seca del año.

En el área de estudio esta comunidad se presenta en dos fragmentos ubicados en los km 134+660 al 134+780 y km 142+700 al 142+740, en laderas del que resguardan una mayor humedad. Se encuentra rodeada por selva baja nativa y que no ha sufrido algún tipo de disturbio, por lo tanto presenta un buen estado de conservación. Los componentes arbóreos propios que la integran son;

*Swietenia humilis*, *Plumeria rubra*, *Cochlospermum vitifolium*, *Ceiba aesculifolia* y *Pseudobombax ellipticum* e individuos del género *Ficus sp.* Se encuentra asociada a la selva baja caducifolia por lo que comparten el hábitat con cactáceas como; *Cephalocereus totolapensis* y *Pachycereus pecten-aboriginum*.



Imagen IV.38 Fragmento de Selva mediana subcaducifolia que será afectado por la construcción del proyecto.

### **Vegetación riparia (Vr)**

Este tipo de vegetación se desarrolla en los márgenes de los ríos, arroyos y algunos escurrimientos permanentes que atraviesa el eje del camino. A partir del km 128+000 la vegetación se encuentra en buenas condiciones de conservación y se localiza en la ribera del río Tehuantepec. Las especies arbóreas que la componen frecuentemente es *Astianthus viminalis* como dominante asociado a *Ingavera*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Ficus sp.* En el estrato arbustivo se desarrollan; *Piper hispidum*, *Senna wislizeni* var. *pringlei*.





Imagen IV.39 Especies arbóreas que componen la vegetación riparia en los márgenes del Río Tehuantepec.

Por otra parte, componentes de vegetación riparia como; *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce*, *Gliricidia sepium* habitan en los márgenes de los arroyos Guiozhaagaha, Obispo, y Metatal así como en lecho de los ríos El Zacatal y Acatlancito. Acompañados por especies introducidas e indicadoras de disturbio como *Acacia farnesiana* y *Wigandia urens* debido a su cercanía con poblados cercanos y que colindan con vegetación secundaria y zonas agrícolas.

#### IV.2.2.1.4 Usos de suelo en el eje troncal

##### **Pastizal Inducido**

Es un tipo de vegetación caracterizada por la dominancia de gramíneas (pastos o zacates), que en condiciones naturales se desarrolla bajo la interacción del clima, suelo y biota. Sin embargo en la zona de estudio este tipo de comunidad ha sustituido a la vegetación natural (selva baja) y se ha desarrollado fácilmente debido a las actividades antropogénicas como la ganadería y la agricultura.

Abarcando una superficie pequeña a nivel eje troncal, las especies dominantes pertenecen a la familia Poaceae.



Imagen IV.40 Pastizal inducido producto de la pérdida de vegetación original por actividades antropogénicas.

### **Cultivos anuales**

En el área del proyecto se llevan a cabo cultivos anuales en sitios planos de *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Zea mays* (maíz), este último es dominante y se emplea sobre las laderas, ocasionando que el suelo quede expuesto a la erosión y vulnerable a derrumbes.

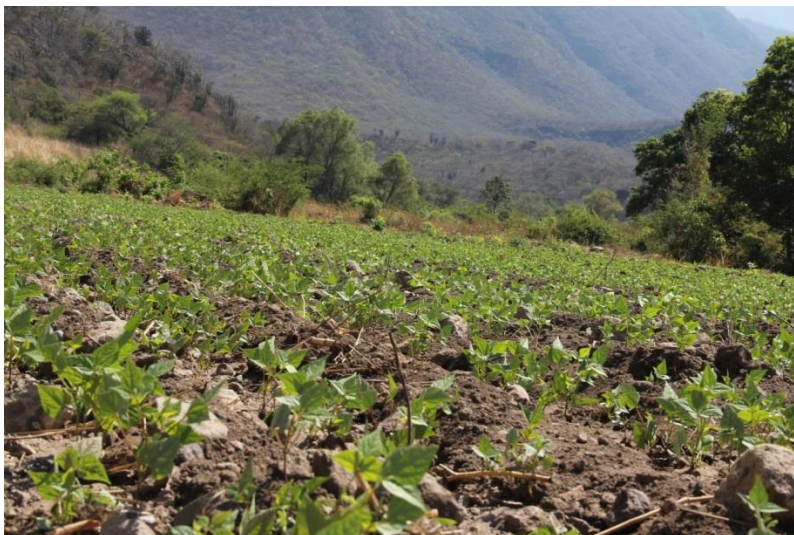


Imagen IV.41 Cultivo de frijol en el área de estudio.



### ***Cultivos con plantas perennes***

Se emplea este tipo de cultivos con especies tales; *Musa paradisiaca* (plátano), *Agave angustifolia* (maguey) y *Aloe vera* (sábila). Los cuales suelen encontrarse en parcelas adjuntas a cultivos anuales que a su vez forman una barrera para la retención del suelo, y otras veces que son empleados por los comuneros para la delimitación de predios.



Imagen IV.42 Cultivo de plátano localizado en parcelas adjuntas de cultivos.

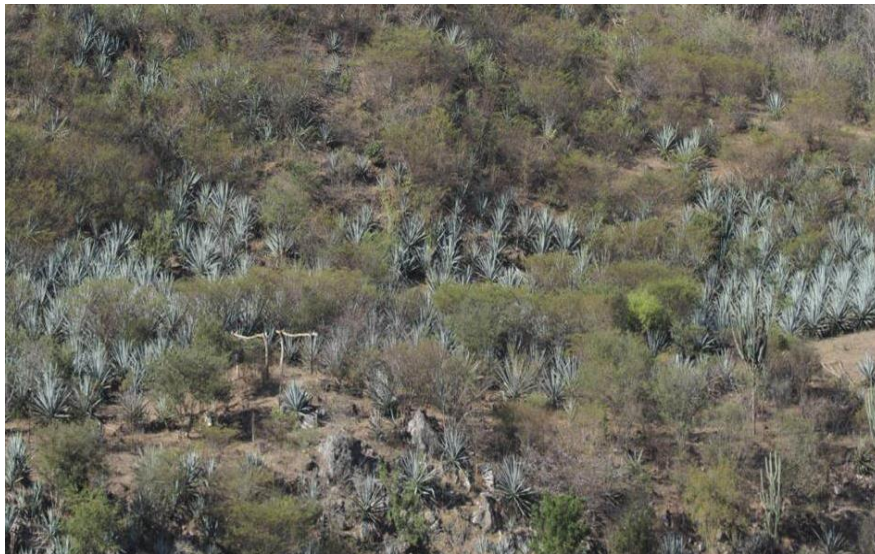


Imagen IV.43 Cultivo de maguey empleado para la retención de suelos.

#### IV.2.2.1.5 Composición de poblaciones y comunidades

El inventario florístico levantado en campo, contiene un total de 134 especies pertenecientes a 46 familias y 26 órdenes. En donde el estrato arbóreo se encuentra representado por 55 especies, el arbustivo por 32, el estrato herbáceo alberga 37 especies y 10 son las especies pertenecientes a las familias Bromeliaceae y Orchidaceae con forma de vida epífita.

Tabla IV.8 Listado florístico, de los registros en campo.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO VEGETAL
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i>	SBC	Ar
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i>	VR y SBC	Ar
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>	BPE	Ab
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	VR y SBC	Ar
Apiales	Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i>	BPE	He
Gentianales	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	SMSub, VR y SBC	Ar
Gentianales	Apocynaceae	<i>Plumeria sp.</i>	BPE	Ar
Apiales	Araliaceae	<i>Hydrocotyle sp.</i>	VR	He
Asparagales	Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i>	SBC	Ab
Asparagales	Asparagaceae	<i>Agave marmorata</i>	BPE	Ab
Asparagales	Asparagaceae	<i>Beaucarnea sp.</i>	SBC	Ar
Asparagales	Asparagaceae	<i>Nolina parviflora</i>	BPE	Ab
Polypodiales	Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	BPE	He
Asterales	Asteraceae	<i>Ageratina tomentella</i>	BPE	He
Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum houstonianum</i>	BPE	He
Asterales	Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i>	BPE	He
Asterales	Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i>	BPE	He
Asterales	Asteraceae	<i>Vernonia conzatti</i>	BPE	Ab
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Astianthus viminalis</i>	VR	Ar
Malvales	Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	SBC, SMSub y VR	Ar
Boraginales	Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i>	VR	Ab

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO VEGETAL
Poales	Bromeliaceae	<i>Hechtia sp.</i>	SBC y VR	He
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>	BPE	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia ionantha</i>	SBC	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia makoyana</i>	SBC	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia plumosa</i>	BPE y BEP	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia polystachia</i>	BPE	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	BPE y BEP	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i>	BPE	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp.</i>	SBC	Ep
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	BPE	Ep
Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i>	SBC	Ar
Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	SBC	Ar
Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera sp.</i>	VR, SBC y SMSub	Ar
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Cephalocereus leucocephalus</i>	VR y SBC	Ar
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Cephalocereus totalapensis</i>	SBC, SMSub y VR	Ar
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Coryphantha sp.</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Escontria chiotilla</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Mammillaria albilanata</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Mammillaria duoformis</i>	BPE	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Mammillaria haageana</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Mammillaria nejapensis</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Mammillaria sp.</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	SBC	Ar
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Nopalea auberi</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Nopalea karwinskiana</i>	SBC	Ab

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO VEGETAL
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Nopalea sp.</i>	SBC	He
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia decumbens</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia pilifera</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia pubescens</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia velutina</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia velutina</i>	SBC	Ab
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	SBC, SMSub y VR	Ar
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Stenocereus pruinosus</i>	SBC	Ab
Cucurbitales	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita argyrosperma</i>	BPE	He
Cupressales	Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i>	BPE	Ar
Polypodiales	Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum muelleri</i>	BPE	He
Ericales	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	BEP	Ar
Ericales	Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	BPE	Ab
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Pedilanthus tithymaloides</i>	SBC y VR	Ab
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	BPE y SBC	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>	BPE	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia cochliacantha</i>	VR, SBC y SMSub	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	VR y BEP	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia macracantha</i>	BPE	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i>	BEP y BPE	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia picachensis</i>	SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	SMSub, SBC y VR	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	SBC	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i>	BPE	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	VR	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i>	BPE	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	SBC y VR	Ar



ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO VEGETAL
Fabales	Fabaceae	<i>Inga vera</i>	VR	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	VR	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i>	VR, SBC y SMSub	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Lysiloma divaricatum</i>	SBC y VR	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	*	He
Fabales	Fabaceae	<i>Pithecellobium sp.</i>	SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	VR y SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Pithecellobium mangense</i>	VR y SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Pterocarpus acapulcensis</i>	SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Senna atomaria</i>	SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	BPE	Ab
Fabales	Fabaceae	<i>Senna wislizeni</i>	VR y SBC	Ar
Fabales	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	VR y SBC	Ar
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus conspersa</i>	BEP	Ar
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	BEP	Ar
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus glaucooides</i>	BEP	Ar
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus magnoliifolia</i>	BEP	Ar
Fagales	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	BEP	Ar
Asparagales	Iridaceae	<i>Gladiolus sp.</i>	*	He
Lamiales	Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	SBC	He
Lamiales	Lamiaceae	<i>Salvia cinnabarina</i>	BPE	He
Lamiales	Lamiaceae	<i>Salvia gesneraeflora</i>	BPE y SBC	He
Lamiales	Lamiaceae	<i>Salvia purpurea</i>	BPE	He
Lamiales	Lentibulariaceae	<i>Pinguicula moranensis</i>	BPE y BEP	He
Malvales	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	SBC, SMSub y VR	Ar
Malvales	Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	SBC	Ar
Sapindales	Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>	SMSub y VR	Ar

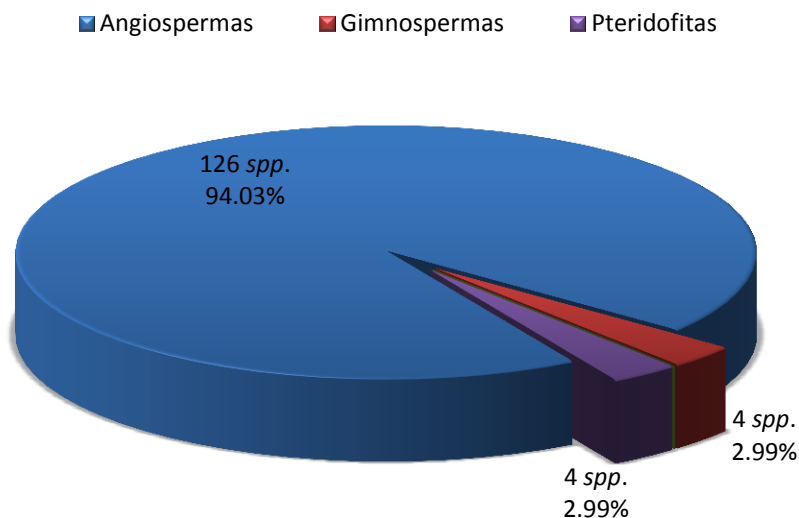
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO VEGETAL
Rosales	Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	VR y SMSub	Ar
Zingiberales	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	*	He
Myrtales	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	SBC	Ar
Asparagales	Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	SBC	Ep
Asparagales	Orchidaceae	<i>Prosthechea michuacana</i>	BPE	He
Malpighiales	Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i>	SBC	He
Caryophyllales	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca octandra</i>	BPE	He
Pinales	Pinaceae	<i>Pinus chiapensis</i>	BEP y BPE	Ar
Pinales	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	BPE	Ar
Pinales	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	BEP y BPE	Ar
Piperales	Piperaceae	<i>Piper hispidum</i>	SBC y VR	Ab
Poales	Poaceae	<i>Melinis repens</i>	BPE	He
Poales	Poaceae	<i>Zea mays</i>	*	He
Podocarpaceae	Podocarpaceae	<i>Podocarpus guatemalensis</i>	BPE	Ab
Podocarpaceae	Podocarpaceae	<i>Podocarpus matudae</i>	BPE	Ar
Ericales	Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>	BPE	He
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>	SBC	Ar
Ericales	Primulaceae	<i>Jacquinia seleriana</i>	VR y SBC	Ab
Ericales	Primulaceae	<i>Jacquinia sp.</i>	SBC	Ab
Polypodiales	Pteridaceae	<i>Cheilanthes sp.</i>	BPE	He
Rosales	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	BPE	Ar
Rosales	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	BEP y BPE	Ar
Proteales	Sabiaceae	<i>Meliosma alba</i>	BPE	Ar
Lamiales	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	BPE	Ar
Lamiales	Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	BPE	Ab
Selaginellales	Selaginellaceae	<i>Selaginella sp.</i>	SBC y BPE	He
Solanales	Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	SBC	Ar

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO VEGETAL
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i>	BPE y BEP	Ab
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum lesteri</i>	BPE y BEP	He
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum pubigerum</i>	BPE y BEP	He
Lamiales	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	BPE	He
Asparagales	Xanthorrhoeaceae	<i>Aloe vera</i>	*	Ab

**Tipo de vegetación:** Bosque de Pino-Encino (BPE), Bosque de Encino-Pino (BEP), Selva Baja Caducifolia (SBC), Selva Mediana Subcaducifolia (SMSub), Vegetación Riparia (VR), Cultivada (\*).

**Estrato vegetal:** Arbóreo (Ar), Arbustivo (Ab), Herbáceo (He), Epífita (Ep).

En cuanto a su división biológica, las angiospermas son el grupo de plantas dominantes (126 especies) en la zona de estudio con una alta diversidad de hábitos, estas especies se encuentran distribuidas en todos los tipos de vegetación presentes (BPE, BEP, SBC, SMSub y VR); en comparación con las gimnospermas (4 especies), que son especies características de los bosques templados (BEP y BPE) y por ultimo las pteridofitas (4 especies) que habitan en BEP y BPE así como en la SBC en donde se encontró a *Selaginella sp.*, un género que pueden desarrollarse incluso en ambientes cálidos con baja disponibilidad de humedad, ya que presenta adaptaciones al estrés hídrico.



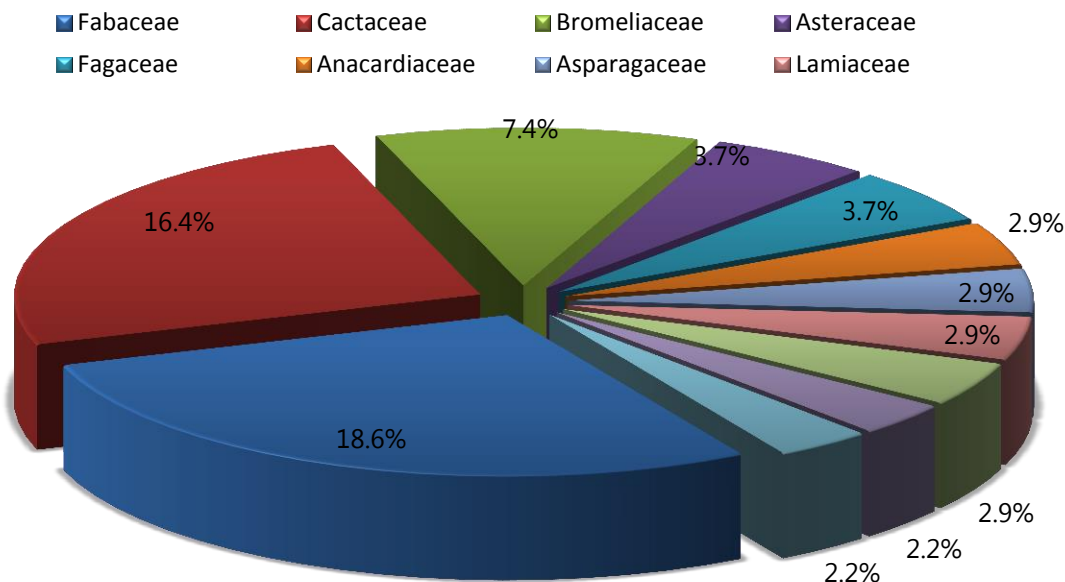
Grupo de plantas en los registros de campo.

La riqueza florística se concentra en 11 familias, que abarcan el 65.8% del total de las especies incluidas en el listado de campo (134 especies). En donde, la representación de las cuatro familias más ricas en especies (Fabaceae, Cactaceae, Bromeliaceae y Asteraceae) es muy similar a la reportada en floras de otros sitios con tipos de vegetación similares. Fabaceae es la familia dominante en la zona de estudio con 25 especies en diferentes estratos de vegetación producto de su fácil adaptación tanto en las selvas secas con baja precipitación pluvial como en bosques templados lo cual le confiere ser la segunda familia más diversa del país.

Tabla IV.9 Familias con mayor número de especies en la zona de estudio.

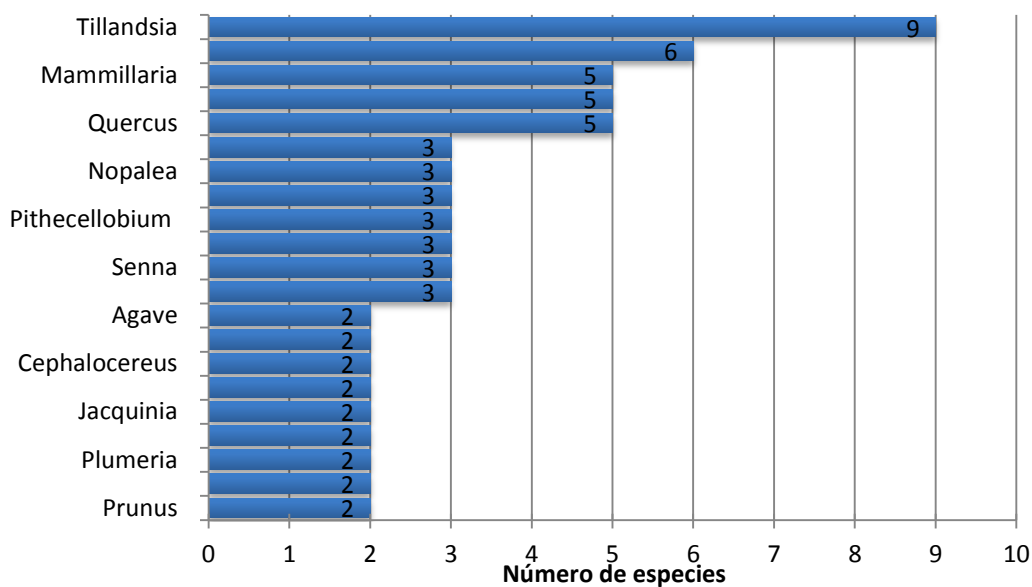
FAMILIA	NÚMERO DE ESPECIES	PROPORCIÓN DEL TOTAL DE ESPECIES (%)
Fabaceae	25	18.6
Cactaceae	22	16.4
Bromeliaceae	10	7.4
Asteraceae	5	3.7
Fagaceae	5	3.7
Anacardiaceae	4	2.9
Asparagaceae	4	2.9
Lamiaceae	4	2.9
Solanaceae	4	2.9
Burseraceae	3	2.2
Pinaceae	3	2.2
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>65.8</b>

En este mismo sentido, estas 11 familias contienen especies florísticas nativas que se desarrollan en el estrato arbóreo y caracterizan la fisonomía de las comunidades vegetales presentes en el eje troncal (tramo 2); en la SBC y SMSub (Fabaceae, Anacardiaceae y Burseraceae) y para el BEP y BPE (Fagaceae y Pinaceae).



Representación gráfica de las familias representativas (%) en el área del proyecto.

Los géneros con el mayor número de especies en la zona de estudio son: *Tillandsia* (9), *Acacia* (6), *Mammillaria*, *Opuntia*, *Quercus* con 5 especies, *Busera*, *Nopalea*, *Pinus*, *Pithecellobium*, *Salvia*, *Senna* y *Solanum* con 3 especies respectivamente.



Generos representativos de las especies registradas en campo

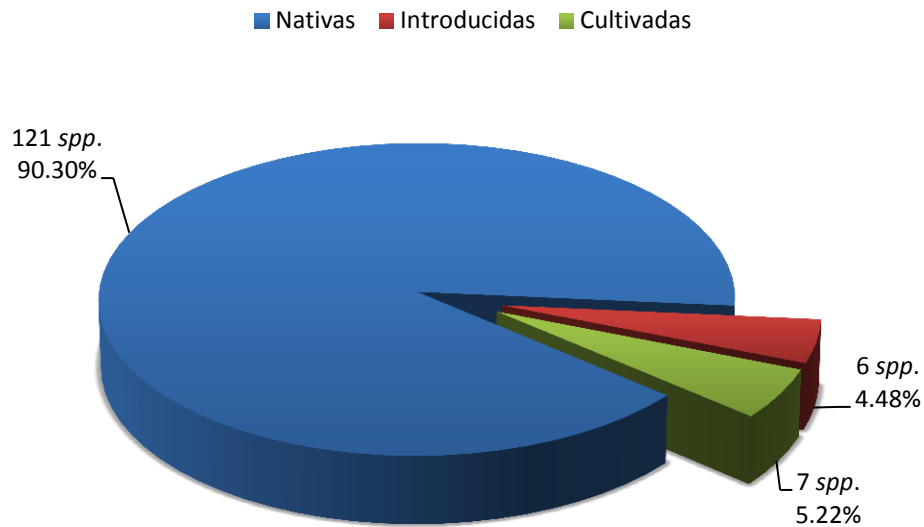
Por lo tanto, la familia Fabaceae por el número de especies con que cuenta, es la mejor representada en el área donde será construido el proyecto, abarca los géneros (*Acacia*, *Pithecellobium*, *Senna*, *Lysiloma*) que se cuentan entre los que tienen el mayor número de especies en la zona. Le sigue en importancia la familia Cactaceae, con los géneros (*Mammillaria*, *Opuntia*, *Nopalea*, *Cephalocereus*) con el mayor número de especies. Y la tercer familia mejor representada es Bromeliaceae que contiene el género *Tillandsia*, siendo este el de mayor riqueza específica a nivel de especies.

#### IV.2.2.1.6 Estatus migratorio

El 90.3% de las especies que habitan en la zona de estudio son nativas, de las cuales 7 especies (*Agave marmorata*, *Dyssodia tagetiflora*, *Cephalocereus totolapensis*, *Mammillaria haageana*, *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Jacquinia seleriana* y *Solanum lesteri*) son endémicas del estado de Oaxaca, lo cual muestra una buena calidad ecológica en las comunidades vegetales presentes. Puesto que, solo el 4.48% corresponde a especies introducidas representadas por *Cirsium vulgare* (Cardo); considerada como una maleza agresiva debido a que invade hábitats de especies de herbáceas nativas, ya que tiene la capacidad de fungir como “nodriza” para otras plantas exóticas. *Melinis repens* (Pasto rosado); es una pasto que se ha adaptado rápidamente a las condiciones climáticas, al suelo e invade y desplaza a pastos propios de las comunidades vegetales. *Ricinus communis* (Higuerilla); es una especie introducida de África, que tiene el comportamiento de ser muy invasiva a orillas de caminos, carreteras y es dominante en terrenos abandonados. Sin embargo, suele ser propagada por el uso económico de sus semillas donde se extrae el aceite de ricino o de castor. *Nicotiana glauca* (Tabaquillo); se desarrolla con facilidad en lugares perturbados como terrenos que han sido antropizados y donde existe vegetación secundaria. Por otra parte *Caesalpinia pulcherrima* es una especie que no muestra tener comportamiento malezoide, pero que ha sido introducida en diversos ambientes debido a su fácil desarrollo y a su valor ornamental. Por último, *Leucaena leucocephala* es una especie que ha sido introducida desde años atrás y que se considera como naturalizada en el País, debido a que prospera en ambientes adversos y ha sido considerada como una especie con potencial para reforestación/restauración en suelos degradados.

Además, se detectaron 7 especies (5.22%) que no son originarias de los tipos de vegetación presentes, que han sido cultivadas; *Prunus persica* (Durazno), *Passiflora foetida* (Maracuyá silvestre), *Aloe vera* (Sábila), *Gladiolus sp.*, *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Musa paradisiaca* (plátano), *Zea mays* (Maíz). Estas tres últimas son empleadas en cultivos por la gente de las comunidades aledañas a la zona del proyecto.

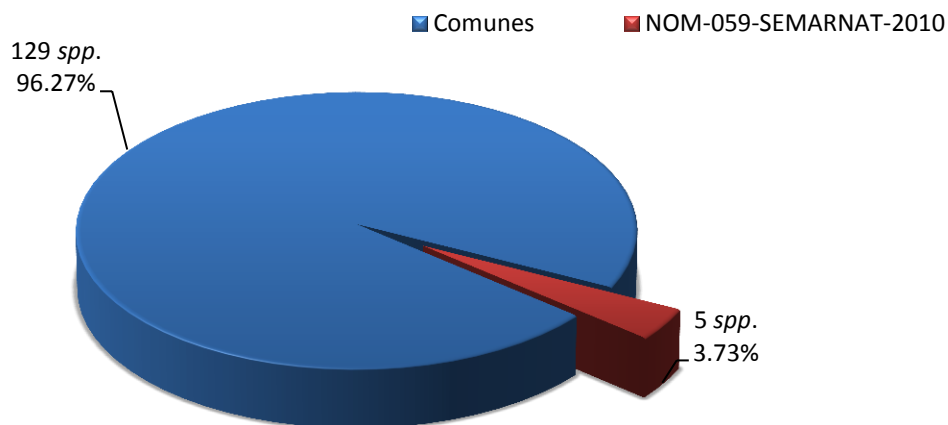




Estatus migratorio de las especies registradas para zona del proyecto.

#### IV.2.2.1.7 Especies en categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)

De un total de 134 especies de flora registradas en campo, 5 pertenecientes a 4 familias, se consideran dentro de las poblaciones en riesgo. Todas ellas se encuentran bajo alguna categoría dentro de la NOM 059 SEMARNAT 2010.



Poblaciones en riesgo dentro de la zona del proyecto.

Los individuos de *Coryphantha elephantidens* habitan en la selva baja caducifolia y en los bosques de pino-encino y encino-pino habitan individuos de las especies; *Erythrina coralloides*, *Mammillaria duoformis*, *Pinus chiapensis* y *Podocarpus matudae*.

Tabla IV.10 Especies vegetales en categoría de riesgo registradas en campo.

FAMILIA	ESPECIE	VARIEDAD	SINONIMIA	NOM-059-SEMARNAT-2010
Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	<i>elephantidens</i>		A
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i>			A
Cactaceae	<i>Mammillaria duoformis</i>			Pr
Pinaceae	<i>Pinus chiapensis</i>		<i>Pinus strobus</i>	Pr
Podocarpaceae	<i>Podocarpus matudae</i>			Pr

**NOM-059-SEMARNAT-2010:** Amenazada (A), Sujeta a Protección Especial (Pr).



Imagen IV.44 *M. elephantidens* y *M. duoformis*, cactáceas en categoría de riesgo en su hábitat natural.

**\*Nota: es importante mencionar que no se añadió al listado de campo de especies vegetales en categoría de riesgo a *Mammillaria albilanata* y *M. haageana* debido a que no se encuentran al nivel de subespecie o variedad como lo especifica la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Por otra parte, el 28.1% de las especies registradas en campo lo constituyen aquellas pertenecientes a familias prioritarias para la conservación de la biodiversidad (Cactaceae, Bromeliaceae, Asparagaceae y Orchidaceae).

Tabla IV.11 Especies pertenecientes a familias prioritarias para la conservación de la biodiversidad.

FAMILIA	NO. DE GÉNEROS	NO. DE ESPECIES	PROPORCIÓN DEL TOTAL DE ESPECIES (%)
Cactaceae	10	22	16.4
Bromeliaceae	2	10	7.4
Asparagaceae	3	4	2.9
Orchidaceae	2	2	1.4
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>38</b>	<b>28.1</b>

Se detectó una riqueza florística de especies de cactáceas sin alguna categoría de riesgo, sin embargo la mayoría son consideradas por CITES y la IUCN como poblaciones vulnerables debido a que poseen una elevada diversidad y requieren condiciones especiales de crecimiento. Tienen características peculiares, por tener una distribución restringida, con poblaciones pequeñas, que participan en varios procesos ecosistémicos, con frecuencia intervienen en procesos ecológicos clave (interacciones con insectos y otros grupos de organismos) y además constituyen el hábitat de distintas especies de fauna.

Así mismo la variedad de bromelias y orquídeas guarda relación con el estado de la vegetación y la calidad ecológica. En bosques y selvas poco alterados hay un mayor número de especies, mientras que en sitios que presentan disturbio existen pocos individuos pertenecientes a estas familias.

Debido a lo anterior, la información florística que se presenta permite inferir que la flora presente del área de estudio tiene una importancia ecológica, no solo por la diversidad de tipos de vegetación, si no por su riqueza específica aunada a la presencia de especies endémicas, pertenecientes a familia prioritarias para la conservación de la biodiversidad así como especies en categoría de riesgo.

Estos podrían atribuirse a la combinación de varios factores; entre los más importantes es la fisiografía donde se encuentra inmerso el SAR, otro factor podría ser la disponibilidad de hábitats adecuados para ser ocupados por diferentes poblaciones de especies y un tercer factor correspondería a la alta variabilidad de géneros.

#### IV.2.2.1.8 Superficies de afectación por tipos de vegetación forestal total del proyecto

Las superficies de afectación (ha) contemplan a los tipos de vegetación forestal del eje troncal (tramo 2), infraestructura adicional y de obras provisionales y asociadas. Para mayor precisión en

superficies (ha) por uso de suelo y vegetación véase *Capítulo II, apartado II.2.c Superficies del proyecto*.

La tabla IV.12 muestra las superficies por tipo de vegetación forestal a nivel eje troncal (superficies excedentes y autorizadas). Donde, la selva baja caducifolia es el tipo de vegetación con una mayor superficie forestal requerida (156.31 ha), seguida del bosque de pino-encino secundario arbóreo (51.63 ha) y la selva baja caducifolia secundaria arbustiva (41.67 ha).

Tabla IV.12 Superficies (ha) de uso de suelo y vegetación ocupados y requeridos a nivel eje troncal.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CONDICIÓN	*SUPERFICIE REQUERIDA EJE TRONCAL	*SUPERFICIE EXCEDENTE EJE TRONCAL	*SUPERFICIE AUTORIZADO EJE TRONCAL
Selva baja caducifolia primaria	Forestal	156.31	59.32	96.96
Bosque pino-encino secundario arboreo	Forestal	51.63	36.92	14.64
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal	41.67	16.04	25.64
Bosque pino-encino secundario arbustivo	Forestal	27.25	18.77	8.47
Bosque encino-pino secundario arboreo	Forestal	23.11	19.95	3.16
Selva baja caducifolia secundaria arborea	Forestal	9.41	6.37	1.11
Bosque encino-pino secundario arbustivo	Forestal	7.20	6.81	0.39
Vegetación riparia	Forestal	3.62	2.25	1.40
Selva mediana subcaducifolia	Forestal	0.45	0.00	0.45
<b>Total</b>		<b>320.65</b>	<b>166.43</b>	<b>152.22</b>
<i>*Superficies redondeadas a dos dígitos.</i>				

Por otra parte, la Tabla IV.13 muestra las superficies de vegetación forestal requerida para la infraestructura adicional (entronques, paraderos, rampas, PIV's y mirador).

Tabla IV.13 Superficies (ha) por tipo de vegetación forestal ocupados y requeridos para infraestructura adicional.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CONDICIÓN	*SUPERFICIE REQUERIDA	*SUPERFICIE EXCEDENTE	*SUPERFICIE AUTORIZADA
Selva baja caducifolia primaria	Forestal	7.30	5.29	2.01
Bosque pino-encino secundario arboreo	Forestal	2.83	2.21	0.62
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal	8.79	7.65	1.15
Bosque pino-encino secundario arbustivo	Forestal	1.42	0.59	0.84
Bosque encino-pino secundario arboreo	Forestal	0.61	0.61	0.00
Selva baja caducifolia secundaria arborea	Forestal	0.00	0.00	0.00
Bosque encino-pino secundario arbustivo	Forestal	0.56	0.56	0.00
Vegetación riparia	Forestal	0.07	0.03	0.04
Selva mediana subcaducifolia	Forestal	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>		<b>21.60</b>	<b>16.93</b>	<b>4.67</b>

*\*Superficies redondeadas a dos dígitos.*

Por ultimo, en la Tabla IV.14 se encuentran las superficies por tipo de vegetación forestal solicitadas.

Tabla IV.14 Superficie de vegetación forestal requerida para obras provisionales y asociadas.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CONDICIÓN	*SUPERFICIE REQUERIDA
Selva baja caducifolia primaria	Forestal	88.60
Bosque pino-encino secundario arboreo	Forestal	2.86
Selva baja caducifolia secundaria arbustiva	Forestal	9.45

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CONDICIÓN	*SUPERFICIE REQUERIDA
Bosque pino-encino secundario arbustivo	Forestal	4.33
Bosque encino-pino secundario arboreo	Forestal	0.29
Selva baja caducifolia secundaria arborea	Forestal	20.12
Bosque encino-pino secundario arbustivo	Forestal	0.00
Vegetación riparia	Forestal	0.15
Selva mediana subcaducifolia	Forestal	0.00
<b>Total</b>		<b>125.80</b>
<i>*Superficies redondeadas a dos dígitos.</i>		

***Las obras provisionales y asociadas se ubican fuera del derecho de vía autorizado, por lo tanto, la promovente solicita la superficie de estos conceptos como superficie excedente a la autorizada mediante mediante oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003 bajo términos y condicionantes.***



#### IV.2.2.2 Fauna

El estado de Oaxaca es el más diverso de todos los estados de México (Rodríguez-Olivet y Asquith, 2004), lo que se atribuye en gran medida a su heterogeneidad ambiental, resultado de su variedad de climas, de tipos de vegetación y topografía compleja que convergen en su territorio (García-Mendoza, 2004). Ocupa el primer lugar del país en número de especies de anfibios, reptiles y aves, y se encuentra entre los tres primeros lugares respecto a mamíferos (Briones-Salas et al., 2004; Casas-Andreu et al., 2004; Navarro et al., 2004). Su gran diversidad y endemismos son altamente notables, a pesar de que los inventarios biológicos no están completos y existen aún grandes áreas del estado prácticamente inexploradas (García-Mendoza et al., 2004). La entidad abarca varias zonas importantes de endemismo del país, como son la Sierra Madre del Sur, la Cuenca del Balsas y el Eje Neovolcánico (Casas-Andreu *et al.*, 2004; Navarro *et al.*, 2004; Ochoa-Ochoa, et al. 2006), además se encuentra en la gran zona de transición entre las dos regiones Neártico y el Neotrópico (Rodríguez-Olivet y Asquith, 2004). Sin embargo, Oaxaca también ha mostrado una reducción importante en sus hábitats naturales resultado de una alta tasa de deforestación, lo que coloca en situación de riesgo un número considerable de especies animales.

El total de especies de vertebrados reportados para el estado de Oaxaca es de 1431 (127 especies de peces continentales de agua dulce, 133 anfibios, 245 reptiles, 736 de aves y 190 de mamíferos) (García-Mendoza *et al.*, 2004).

Para determinar la diversidad de especies en el SAR donde se desarrollará el proyecto y su importancia se realizaron diferentes actividades de consulta y de trabajo en campo, así como de análisis:

**Probables ocurrencias:** se generaron listados de probable ocurrencia, los cuales indican todas aquellas especies de animales que con base en sus características y las del sitio podrían encontrarse en un área definida, en este caso el SAR. Lo cual se realiza consultando material especializado como mapas de distribución potencial y actual, así como artículos, fichas, entre otros (Peterson y Chalif, 1989; Howell y Webb, 1995; Casas-Andreu, et. al 2004; García-Mendoza, et al. 2004; Navarro, et al. 2004; Ceballos y Oliva, 2005; Rush, 2009; Briones-Salas, et al. 2012; CONABIO; GBIF, Mapas de distribución IUCN). La importancia de estos listados de probable ocurrencia es que normalmente resulta imposible registrar la totalidad de especies presentes en un área, lo cual se atribuye a una gran variedad de factores como: la estacionalidad (si se realizan durante un solo periodo del año, pueden omitir animales con actividades estacionales), la duración (si se realizan durante periodos muy cortos muchas especies son evasivas o se encuentran en cantidades tan bajas que es poca la probabilidad de hallarlas en lapsos breves de tiempo). En el registro de especies también pueden influir elementos tan diversos como el estado del tiempo (si llueve, si hay viento, si está soleado), la hora, restricciones de accesibilidad en el

sitio, entre otros. Por tanto, al realizar registros en campo hay que tener presente que el hecho de no avistar una especie (o indicios de ella) no significa necesariamente que no se encuentre en la zona, más aún, si las condiciones del lugar son adecuadas para la especie y otros trabajos la han reportado.

**Identificación de especies vulnerables:** son aquellas que se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Características como su distribución (restringida o muy restringida), estado del hábitat al que se encuentran asociadas, historia de vida (estrategia reproductiva, parámetros demográficos, tolerancia, alimentación, variabilidad genética, grado de especialización, tasa de reclutamiento, entre otros) o el impacto negativo de la actividad humana en el taxón (Sánchez et al., 2007) las coloca en alguna situación de riesgo.

**Identificación de especies focales:** entre las especies cuya presencia fue corroborada en campo se destacan algunas que por sus características se consideran de particular relevancia (no solo por encontrarse en la NOM-059-SEMARNAT-2010), como indicadoras y/o sombrilla o bien porque son consideradas como especies prioritarias a nivel nacional.

Las especies indicadoras son aquellas que pueden representar la composición de una comunidad, el estado de un sitio y/o reflejar los cambios ambientales que ahí existen (Mace, et al., 2007). Con respecto a esto último, una especie indicadora puede responder de una forma particular a los cambios en su ambiente y mostrar que han existido alteraciones en su medio al ser objeto de monitoreos adecuados (Mace et al., 2007). Por ello, las especies indicadoras generalmente son las más sensibles a la perturbación o al estrés (Mills 2007).

En el caso de las especies sombrilla típicamente tienen grandes requerimientos de hábitat o muy especializados, de tal forma para la satisfacción de sus necesidades abarcan los de muchas otras especies asociadas (Mills 2007). Animales de tallas grandes y carnívoros, los cuales poseen grandes ámbitos hogareños, son por lo general buenos candidatos como especies sombrilla (Mills, 2007).

Especies prioritarias: La Ley General de Vida Silvestre (LGVS), el Artículo 3 Fracción XVIII define las especies prioritarias para la conservación como “*aquellas determinadas por la Secretaría de acuerdo con los criterios establecidos en la LGVS, para canalizar y optimizar esfuerzos de conservación y recuperación*”. La LGVS también establece que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), previa opinión del Consejo Técnico Consultivo Nacional para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (CONAVIS), elaborará las listas de especies y poblaciones prioritarias para la conservación y las publicará en el Diario Oficial de la Federación. Para definir tal lista, se consideran diversas razones que pueden hacer prioritarias las especies: su importancia estratégica para la conservación de hábitats y de otras especies, la relevancia de la especie o población para el mantenimiento de la biodiversidad, la estructura y el

funcionamiento de un ecosistema o parte de él; su carácter endémico, cuando se trate de especies o poblaciones en riesgo o bien el alto grado de interés social, cultural, científico o económico (Artículo 61 LGSV).

**Registros en campo:** para obtener registros en campo se realizaron búsquedas dirigidas de anfibios y reptiles, lo cual consiste en la búsqueda en los lugares más propicios, en el suelo, entre la hojarasca, bajo troncos caídos, entre la corteza, en tocones, así como en plantas epífitas, además en sitios rocosos, ya que las grietas de las rocas son los sitios preferidos por muchas lagartijas. Para aves se realizaron observaciones con ayuda de binoculares y una guía de identificación, además de registros fotográficos, entre las 5:00 y 10:00 hrs, cuando las aves están más activas y por la tarde después de las 6 de la tarde. En el caso de mamíferos se tomaron registros indirectos por medio de huellas y excretas, además se colocaron trampas Sherman, cebadas con avena y vainilla. Las trampas se colocaron a distancias regulares, de ser posible junto a un tronco, una roca o en veredas poco transitadas o de cercas construidas con rocas amontonadas. Las trampas se colocaron al atardecer y se recuperaron al día siguiente. También se realizó la colocación de fototrampas. Se instalaron en sitios por los que se consideró se mueven los animales: caminos, veredas, cañadas, o cerca de fuentes de agua. Siempre en sitios en los cuales se encontraran rastros o señales de actividad.

#### IV.2.2.2.1 Riqueza de especies

##### *Peces*

El número de especies de peces de probables ocurrencias es de 33, de las cuales 3 están en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 4 son endémicas (ver Anexo VIII.1.2 Reportes forográficos y VIII.2.4 Anexos digitales).

En campo se registraron 7 individuos hasta especies, de las cuales 1 está en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.15 Peces registrados en campo

FAMILIA	ESPECIE	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
Characidae	<i>Astyanax aeneus</i>	-	-	Pesca local
Ictaluridae	<i>Ictalurus punctatus</i>	-	Exótico invasor	Pesca local
Anablepidae	<i>Anableps dowi</i>	-	-	Fotográfico
Poeciliidae	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	-	-	Pesca local
Poeciliidae	<i>Poecilia butleri</i>	A	-	Pesca local
Cichlidae	<i>Amphilophus macracanthus</i>	-	-	Pesca local
Cichlidae	<i>Vieja zonata</i>	-	-	Pesca local

A= Amenazado

### Anfibios

El número de especies de anfibios de probable ocurrencia es de 55, de los cuales 24 (43%) están en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 19 son endémicas (ver Anexo).

En campo se registraron un total de 10 individuos hasta especies, dos de ellas está en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.16) y una es endémica.

Tabla IV.16 Especies de anfibios registradas en campo.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Incilius occidentalis</i>	Sapo pinero	-	-	Fotográfico
<i>Incilius valliceps</i>	Sapo del Golfo	-	-	Fotográfico
<i>Rhinella marina</i>	Sapo gigante	-	-	Fotográfico y Auditivo
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	Rana de árbol de sumichrast	-	-	Fotográfico
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	Rana de árbol de Schultze	Pr	Endémica	Fotográfico
<i>Smilisca baudini</i>	rana trepadora, rana de árbol mexicana común	-	-	Fotográfico
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	rana chirriadora pipilo	-	-	Fotográfico
<i>Craugastor augusti</i>	<i>Rana ladrona común</i>	-	-	Fotográfico
<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana	Pr	-	Fotográfico

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059- SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Lithobates maculatus</i>	Rana	-	-	Fotográfico

P= Peligro de extinción

A= Amenazada

Pr=Sujeta a Protección Especial

De este grupo cabe resaltar que son particularmente sensibles a las alteraciones ambientales (La Rioja Org, 2012), debido a sus características como son:

- Ciclo de vida: requieren tanto del ambiente acuático (zona de cría) como del terrestre (lo ocupan los adultos y los juveniles cuando se dispersan), por ello las vías de migración o movimiento entre ambos deben encontrarse en condiciones favorables.

De los registros en campo tres especies son sapos y 4 ranas. Todos los sapos (*I. occidentalis*, *I. valliceps* y *R. marina*) y tres especies de ranas (*S. baudini*, *L. berlandieri* y *L. maculatus*) están asociadas a cuerpos de agua para su reproducción, presentando un ciclo de vida con desarrollo indirecto, que destaca por tener un estado larvario (renacuajos). En cambio la rana *E. pipilans* tiene un desarrollo directo, no hay etapa larvaria, nacen de los huevos pequeñas ranitas ya formadas, todo ello en la hojarasca.

- Piel permeable: no representa barrera efectiva frente a gran cantidad de contaminantes, y la pérdida de agua.
- Dependencia de la temperatura y humedad: pequeños cambios en el clima de los hábitats que ocupan pueden modificar en gran medida el comportamiento de las poblaciones de estos animales, y variaciones en la temperatura pueden interferir en el desarrollo y sincronía de los procesos que intervienen en la metamorfosis impidiendo su correcta ejecución.
- Distribución discontinua: las poblaciones se distribuyen, en general, como “manchas” discontinuas, aun cuando el rango de distribución total de la especie sea amplio. Cuando se produce una extinción local en una de estas manchas la recolonización es muy difícil, ya que el hábitat intermedio no suele ser adecuado para la especie y la capacidad colonizadora de los anfibios es baja.
- Hábitos tróficos: Muchas larvas de anfibios se alimentan de partículas en suspensión, de la película superficial del agua o de los detritus del fondo, precisamente éstos son lugares de acumulación de ciertos tóxicos (contaminantes químicos clorados) que se depositan en los lípidos del organismo. La ingesta de nutrientes contaminados interfiere en el desarrollo y sincronía de los procesos de metamorfosis impidiendo su correcta ejecución. En el caso de los adultos la alimentación es principalmente a base de pequeños animales, esto los hace

especialmente sensibles a los efectos de biomagnificación de los contaminantes químicos persistentes presentes en la red trófica.

- Ciclo reproductor: Durante la reproducción gran cantidad de lípidos son movilizados para aportar la energía necesaria al animal y las reservas emplazadas en los huevos. Muchos contaminantes son liposolubles y se acumulan a lo largo del tiempo en los depósitos grasos, la movilización en un tiempo muy reducido de gran cantidad de estos depósitos libera gran proporción de toxinas que producen mermas en el éxito reproductivo.

### Reptiles

El total de especies de probable ocurrencia dentro del SAR es de 118, de las cuales 60 se consideran vulnerables (NOM-059-SEMARNAT-2010) y 40 endémicas (Ver Anexo VIII.1.2 Reportes forográficos y VIII.2.4 Anexos digitales). De todos los grupos de fauna presentes en este proyecto los reptiles son los que tienen mayor número de especies dentro de alguna categoría de riesgo, más del 50% del total de especies del SAR.

Se tienen registradas en campo 33 individuos hasta especies, de las cuales 13 están en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 12 son endémicas.

Tabla IV.17 Especies de reptiles registradas en campo.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Ctenosaura oaxacana</i>	Iguana	A	Endémica	Fotográfico
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	A	Endémica	Fotográfico
<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque, pasa ríos	-	-	Fotográfico
<i>Mabuya unimarginata</i>	Mabuya centroamericana	-	-	Fotográfico
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	Lagarto escorpión texano	Pr	-	Fotográfico
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	Roñito	-	Endémica-	Fotográfico
<i>Anolis isthmicus</i>	Anolis tehuano	Pr	Endémica	Fotográfico
<i>Sceloporus siniferus</i>	Lagartija escamosa cola larga	-	-	Fotográfico
<i>Sceloporus variabilis</i>	Lagartija, chintete	-	-	Fotográfico
<i>Sceloporus spinosus</i>	Lagartija, chintete	-	Endémica	Fotográfico
<i>Sceloporus smithi</i>	Lagartija	-	Endémica	Fotográfico
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	Roño de cabeza negra	-	-	Fotográfico
<i>Sceloporus aureolus</i>	Lagartija escamosa, roño	-	Endémica	Fotográfico
<i>Phrynosoma braconneri</i>	Camaleón de cola corta	Pr	Endémica	Fotográfico



ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	Cuija, salamanquesa	-	-	Fotográfico
<i>Aspidoscelis deppii</i>	Huico siete líneas	-	-	Fotográfico
<i>Aspidoscelis guttata</i>	Huico	-	-	Fotográfico
<i>Boa constrictor</i>	Boa, mazacoa, mazacuata	A	-	Fotográfico
<i>Leptodeira maculata</i>	Culebra ojo de gato del suroeste	Pr	Endémica	Fotográfico
<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	Ranera	-	-	Fotográfico
<i>Leptophis diplotropis</i>	culebra perico gargantilla	A	Endémica	Fotográfico
<i>Drymarchon melanurus</i>	Tilcuate	-	-	Fotográfico
<i>Pituophis lineaticollis</i>	Mazacuata	-	-	Fotográfico
<i>Salvadora intermedia</i>	Culebra parchada oaxaqueña	Pr	Endémica	Fotográfico
<i>Stenorrhina freminvillei</i>	Culebra	-	-	Fotográfico
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra listonada cuello negro	A	-	Fotográfico
<i>Enulius flavitorques</i>	culebra	-	-	Fotográfico
<i>Sternorrhina freminvillei</i>	Alacranera	-	-	Fotográfico
<i>Epicteia goudotii</i>	Culebra ciega	-	-	Fotográfico
<i>Crotalus culminatus**</i>	Víbora de cascabel	Pr	-	Atropello
<i>Rhinoclemmys rubida</i>	Tortuga de monte payaso	Pr	Endémica	Fotográfico
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Tortuga pecho quebrado labios blancos, tortuga casquito	Pr	-	Fotográfico

P= Peligro de extinción

A= Amenazada

Pr=Sujeta a Protección Especial

\*\* antes *C. durissus*

Como en otros trabajos con reptiles, la mayor parte de especies encontradas en campo son lagartijas y menor número de especies de serpientes. Las serpientes, son difíciles de detectar y capturar debido a que son huidizas y de hábitos reservados, además generalmente tienen bajas densidades comparadas con otros reptiles (Segura *et al.* 2007; Urbina-Cardona *et al.* 2006;). También son las más expuestas a que las maten las personas, debido al desconocimiento y temor que les generan incluso sin ser venenosas.



Imagen IV.45 Serpientes muertas encontradas en este proyecto, al parecer les cortaron la cabeza con machete por posibles pobladores del área de estudio.

La herpetofauna del sitio se caracteriza por ser sensible a los cambios en la vegetación, ya que varias especies están asociadas a microhábitats de la selva baja caducifolia o de los bosques templados, además de estar en alguna categoría de riesgo o bien considerarse endémica. Un ejemplo es la lagartija o anolis *Anolis isthmicus* el cual se encontró en los árboles de la selva baja caducifolia de manera frecuente y está Sujeta a Protección Especial. En el caso de iguanas es frecuente encontrarlas en sitios rocosos. Las tortugas aprovechan los cuerpos de agua, como *K. leucostomum* que se encontró en las pequeñas pozas en algunos arroyos intermitentes. La tortuga *R. rubida* son de hábitos terrestres, y se encontró sobre un camino de terracería por el cual transita maquinaria.



Imagen IV.46 Pequeñas pozas que son aprovechadas por tortugas *Kinosternon* (círculo color naranja).

Una característica determinante en los reptiles es la termorregulación, debido a que no elevan su temperatura por procesos metabólicos internos como lo hacen los mamíferos, sino que dependen del ambiente externo el cual utilizan para tener temperaturas relativamente altas y así mantenerse activos (poiquilotermos). Esta necesidad de regular su temperatura influye grandemente en sus aspectos biológicos incluyendo los requerimientos de hábitat (Egar, *et al.* 2010)

Para elevar su calor corporal los reptiles toman el sol directamente o buscan sitios calientes, sin embargo la termorregulación no sólo implica buscar sitios de asoleo, también necesita sitios para cubrirse del sol y evitar un sobrecalentamiento fatal. Así que los reptiles aprovechan los sitios con cobertura de vegetación y áreas abiertas próximas entre sí (Egar, *et al.* 2010), es precisamente esto lo que lo hace particularmente susceptibles a los atropellos. Las carreteras ofrecen sitios de asoleo que al tratar de ser aprovechados ocasionan la muerte de los organismos.

La habilidad de dispersión también es limitada en reptiles lo que sumado al atropello ponen en riesgo de aislamiento a las poblaciones. El efecto barrera se traduce en el aislamiento de las poblaciones lo cual ocasiona que sean menos estables y lo que es más grave, aumenta la probabilidad de que desaparezcan (extinción) de forma rápida (Forman y Alexander, 1998; Gurrutxaga y Lozano, 2009).



Imagen IV.47 Especies de reptiles en la NOM-059SEMARNAT-2010 registradas en campo: a) *T. cyrtopsis*, b) *K. leucostomum*, c) *R. rubida*, d) *A. isthmicus*, e) *C. pectinata* y f) *C. oaxacana*.

## Mamíferos

El total de probables ocurrencias es de 116 especies, 16 en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 15 endémicas (ver Anexo VIII.1.2 Reportes forográficos y VIII.2.4 Anexos digitales)).

Durante los trabajos de campo se registraron 32 individuos hasta especies, de las cuales 9 especies están en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.18 Especies de mamíferos registradas en campo.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	-	Excreta, Fotográfico
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	-	-	Huella y excreta, Fotográfico
<i>Mazama temama</i>	Temazate rojo	-	-	Fotográfico
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	-	-	huellas, excretas, auditivo, testimonios, Fotográfico
<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	-	-	Huella, Fotográfico
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	-	-	huella
<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache	-	-	huella
<i>Panthera onca</i>	Jaguar	P	-	huella
<i>Puma concolor</i>	Puma, león de monte	-	-	huella – testimonio, Fotográfico
<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	P	-	Huella - Fotográfico
<i>Leopardus wiedii</i>	Tigrillo	P	-	Huella
<i>Lynx rufus</i>	Gato montés	-	-	huella
<i>Puma yagouaroundi</i>	Jaguarundi	A	-	huella
<i>Orthogeomys grandis</i>	Tuza	-	-	madriguera
<i>Liomys pictus</i>	Ratón espinoso	-	-	trampeo
<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado	-	-	Fotografico
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado	-	-	Huella
<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo	-	-	Huella
<i>Peromyscus leucopus</i>	Ratón	-	-	trampeo
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria o perro de río	A	-	Huella y excreta -



ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
				Fotográfico
<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote	A	-	Huella
<i>Eira barbara</i>	Cabeza de viejo	P	-	Huella
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero, brazo fuerote	P	-	Piel, Fotografico
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	-	-	excreta
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	-	-	Huella - Fotográfico
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	-	-	Fotográfico
<i>Nasua narica</i>	Tejón, coatí	-	-	caza local - Fotográfico
<i>Sciurus aurogaster</i>	Ardilla gris	-	-	Fotográfico
<i>Glaucomys volans</i>	Ardilla voladora	A	-	Fotográfico
<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	-	-	huella

P= Peligro de extinción

A= Amenazada

Pr=Sujeta a Protección Especial

Este grupo destaca por tener el mayor número de especies catalogadas como Peligro de extinción en este proyecto. Se registró en campo la presencia de las 5 especies en Peligro de extinción que consideran de probable ocurrencia dentro del proyecto: jaguar (*Panthera onca*; considerada como una especie prioritaria a nivel nacional), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), cabeza de viejo (*Eira barbara*) y oso hormiguero (*Tamandua mexicana*). Estas especies junto con otras como la nutria de río o perro de agua (*Lontra longicaudis*) son indicadoras del buen estado de conservación en el que se encuentra el hábitat.

A continuación se presentan algunas observaciones que se consideran importantes acerca de las especies:

- **Nutria o perro de agua (*L. longicaudis*)**

La nutria o perro de agua es una especie protegida por la leyes mexicanas, se considera una especie en riesgo catalogada como Amenazada por la NOM-059-SEMARNAT-2010. En algunos sitios y áreas puede hallarse seriamente mermada, en otros se considera que sus perspectivas de permanencia son positivas y altas (Sánchez *et al.*, 2007), lo cual está estrechamente ligado al estado de conservación o perturbación que en ellos exista.

Los factores que más han afectado a esta especie son la destrucción de su hábitat, la contaminación de los ríos y cuerpos de agua, así como la cacería. Los desechos industriales y de

minería, la extracción intensiva de agua para la irrigación, los desechos urbanos con altas concentraciones de contaminantes, la apertura de nuevas áreas para la agricultura y el sistema agrícola de roza, tumba y quema en los bosques tropicales, son algunos de los ejemplos de actividades humanas que están dañando irremediablemente los hábitats (Gallo, 1989; Casariego-Madorell *et al.*, 2008).



Imagen IV.48 Imagen que se obtuvo por medio de fototrampeo en una de las playas del río Tehuantepec paralela al cadenamiento 130+300. En el sitio se registraron huellas de adulto y de cría por lo cual se decidió colocar la fototrampa ahí, es probable que debajo de la roca se encuentre la madriguera.

La persistencia de la especie en un sitio depende de la calidad del hábitat, lo cual determinará en gran medida las tasas de supervivencia y de reproducción de los individuos que viven ahí, así como la viabilidad de su descendencia (Macías-Sánchez, 2003). Los hábitats de alta calidad son aquellos que ofrecen las condiciones requeridas para sobrevivir y reproducirse exitosamente por un periodo relativamente largo; los hábitats marginales son aquellos que pueden mantener a los individuos con tasas de supervivencia y reproducción bajas o solo adecuados por periodos relativamente cortos o intermedios (Macías-Sánchez, 2003).

La especie puede adaptarse a la presencia humana en su medio, siempre y cuando los niveles de disturbio no sean demasiado altos. Algunas de las condiciones que reducen la posibilidad de mantener una población de nutrias son (Gallo,1989):

1. Ríos que han perdido su diversidad biológica, reducción de especies presa.



2. Ríos que han perdido la vegetación de galería (disminuyen las áreas sombreadas y los lugares idóneos de refugio y madrigueras).
3. Ríos que han disminuido su gasto de agua (cauces destinados a actividades como ganadería, agricultura).
4. Ríos que han modificado sus constantes abióticas (contienen tóxicos provenientes de desechos industriales, agropecuarios urbanos y que disminuyen la disponibilidad de presas).
5. Ríos que modifican temporalmente sus constantes abióticas (devastamiento temporal de los recursos por utilización de venenos o explosivos en la pesca, lavado de tanques de pesticidas usados en la agricultura).
6. Ríos transformados de manera definitiva, convertidos en desagües de grandes concentraciones humanas e industriales.

Los cuerpos de agua a los cuales está asociada la nutria tiene como características: aguas claras, flanqueados por grandes bloques rocosos, presencia de pozas profundas que represen el agua y que la retengan aún en medio de periodos de sequía severos, vegetación riparia que ofrezca suficiente cobijo, bancos de tierra en las riberas y disponibilidad de alimento (Cirelli-Villanova, 2005; Casariego-Madorell *et al.*, 2008). Se alimentan principalmente de crustáceos, peces y pequeños mamíferos, aunque también puede consumir algunas aves, anfibios, reptiles y ocasionalmente insectos y frutos (Gallo, 1989; Casariego-Madorell *et al.*, 2008). Se ha calculado su ámbito hogareño de 3 a 5 km lineales a lo largo del río (Cirelli-Villanova, 2005), sin embargo, existen diferencias individuales con respecto al sexo, edad y a variaciones estacionales (los ríos temporales promueven ámbitos hogareños mayores que los ríos permanentes, e incluso migraciones estacionales por sequía extrema (Gallo 1989). Gallo (1989) menciona territorios hasta 15 km para machos y 7 km para hembras con crías. Cabe señalar que puede existir movimiento entre arroyos cercanos, no únicamente lineal a través del río (Gallo, 1989).

La forma para lograr medidas eficientes de manejo que permitan la conservación de la especie es conocer los requerimientos de la nutria, el estado en el que se encuentran sus poblaciones y condiciones del hábitat. A pesar de que se cuenta con información no se puede generalizar, es importante hacer estudios puntuales ya que existen variaciones, puesto que las nutrias son especies que pueden adaptarse a las condiciones específicas de su entorno. El paso inicial y esencial es determinar su distribución y abundancia (Macías-Sánchez, 2003), todo ello de manera particular al sitio.

Con la finalidad de conocer el estado en el que se encuentra la población de nutria del río Tehuantepec, particularmente la parte del río que está relacionada con el proyecto carretero, se realizaron recorridos mensuales por la ribera durante tres meses para establecer una estimación

de la abundancia y patrones de distribución, para ello se hizo la localización, registro y contabilización de cualquier rastro que se encontrara de la especie.



Imagen IV.49 Registros de nutria a través de excretas.

Los registros se catalogaron de la siguiente forma:

**Madrigueras:** agujeros entre las rocas, cuevas excavadas, raíces de árboles y piedras fracturadas donde las nutrias tienen a sus crías (Gallo, 1989; Cirelli-Villanova, 2005). Para distinguirlas en campo se hizo a través de la presencia de huellas de pequeño tamaño, las que corresponden a las crías.



Imagen IV.50 Madriguera (la arena muestra signos de haber sido rascada, además se encontraron asociadas huellas que se atribuyen a crías debido a su pequeño tamaño), y echadero que es usado también como letrina.

**Letrinas:** se consideró letrina toda roca que tuviera siete o más excretas. Cuando dos rocas con excretas se encontraban a menos de medio metro de distancia se contabilizó como una sola letrina (Macías-Sánchez, 2003). Las letrinas se consideran sitios de actividad de marcaje de territorio de las nutrias (Macías-Sánchez, 2003) ya sea a nivel individual o grupal, el marcado se concentra en áreas más frecuentadas y consideradas como centros de actividad, lo cual es un indicador del uso del hábitat (Gallo, 1989).

**Huellas:** se consideraron los sitios donde se encontraron alta frecuencia de huellas.



Imagen IV.51 Huellas de nutria.

**Pozas:** área con mayor profundidad, en dónde el agua tiene poco movimiento (Macías-Sánchez, 2003). Se mencionan como sitios preferidos por las nutrias (Gallo, 1989). Además se ha documentado en algunos lugares que tienen la mayor biomasa de crustáceos (Macías-Sánchez, 2003) el principal alimento de la nutria (Gallo, 1989). Aunado a que las pozas profundas aumentan el área del territorio de manera vertical y la disponibilidad de alimento (Gallo, 1989).

Los recorridos se efectuaron caminando y cruzando de una orilla a otra cuando fue necesario y la corriente del río lo permitiera. Se registró actividad a lo largo de todo el río, los registros indirectos encontrados (huellas + excretas (letrinas)+ madrigueras) son una prueba contundente de la presencia y uso del río por *L. longicaudis*.

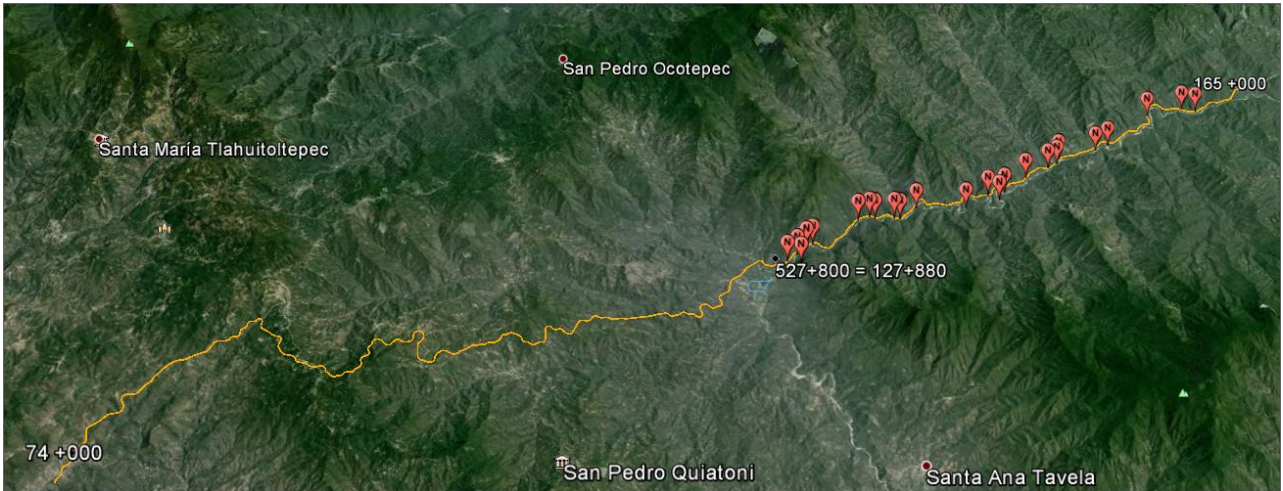


Imagen IV.52 Imagen que muestra los 24 sitios de observación de nutria en el Río Tehuantepec en relación al trazo carretero.

Para calcular la abundancia se utilizaron tres índices (Macías-Sánchez, 2003):

- 1) Por número de excretas: divide el número de excretas encontradas entre los kilómetros recorridos. Se relaciona más con la intensidad del uso del hábitat, ya que el número de excretas no necesariamente se asocia con el número de individuos. Este índice se utiliza para hacer comparaciones independientes de la escala, entre ríos o segmentos de un mismo río.

$$N_E = \frac{n_E}{d}$$

$N_E$ = relación de excretas por kilómetro de río

$n_E$ = número de excretas

$d$ = distancia recorrida en kilómetros

- 2) Por letrinas: divide el número de letrinas entre el total de kilómetros observados. Se considera más adecuado para calcular abundancias pero no tan eficaz como en el que se incluye la tasa de defecación.

$$N_L = \frac{n_L}{d}$$

$N_L$ = relación de letrinas por kilómetro de río

$n_L$ = número de letrinas

$d$ = distancia recorrida en kilómetros



- 3) Con tasa de defecación: divide el número de excretas entre la tasa de defecación y el número total de kilómetros. Es el índice que obtiene el número más aproximado de animales por kilómetro.

$$A_N = n_L / T_D / d$$

$A_N$ = estimación de # de nutrias por kilómetro del río  
 $n_L$ = número de letrinas  
 $T_D$ =Tasa de defecación (número de excretas de nutria por río)  
 $d$ = distancia recorrida en kilómetros

Para los índices anteriores se recomienda limpiar la zona de muestreo de excretas preexistentes y contar las excretas depositadas al día siguiente, sin embargo el monitoreo que se realizó fue mensual (no se realizaba la limpieza y conteo de excretas de manera diaria), por tanto podría resultar en una sobre o subestimación de la población, para esto se utilizó un cuarto índice basado en el de Eberhardt & Van Etten (1956) modificado para este estudio. El cual se formula así:

$$E = (d)(E_d) / (T_P)(T_D)$$

$E$ = estimación del número de excretas por área  
 $E_d$ = número de excretas en el área  
 $T_p$ = es el tiempo de depósito de los excrementos  
 $T_D$ = es la tasa de defecación (número de excretas por nutria por día)  
 $d$ = es la distancia recorrida (kilómetros)

En base a lo mencionado anteriormente se realizó la estimación del número de nutrias por kilómetro estimado con cada uno de los índices antes descritos, se presenta a continuación:

Tabla IV.19 Número de nutrias por kilómetro de acuerdo a cuatro índices diferentes.

Índice	Número de nutrias por kilómetro					
	Marzo-2013	Abril-2013	Mayo-2013	Junio-2013	Julio-2013	
$N_L = \frac{n_L}{d}$	5.314	2.860	1.785	1.034	1.318	
$N_E = \frac{n_E}{d}$	25.781	8.986	4.990	1.034	2.191	
$A_N = n_L / T_D / d$	TD=3 (Gallo 1996)	8.594	2.995	1.663	0.345	0.73
	TD=6 Macías-Sánchez (2003)	4.297	1.498	0.832	0.172	0.365
$E = (d)(E_d) / (T_P)(T_D)$	TD=3	3.5306	3.142	3.037	0.607	1.895
	TD=6	1.765	1.571	1.519	0.304	0.947

Índice		Número de nutrias por kilómetro				
		Marzo-2013	Abril-2013	Mayo-2013	Junio-2013	Julio-2013
(Eberthardt & Van Etten 1956)						

TD=tasa de defecación, se obtuvieron de individuos en cautiverio por Gallo, 1996 y Macías-Sánchez, 2003, la TD puede variar dependiendo la edad, talla, sexo, tipo de alimento. La estimada por Gallo en 1996 fue de tres excretas por día, basada en dos nutrias adultas en cautiverio en el Zoológico Manuel Álvarez del Toro en Tuxtla Gutiérrez Chiapas y la segunda, propuesta por Macías en 2003 con base en una nutria hembra en cautiverio, dicha estimación fue de seis excretas por día.

La estimación (con 5 meses de muestreo) del **número de nutrias** en el río Tehuantepec (la parte por la cual el trazo corre paralelo, cadenamiento 128+000 al 162+500) es de **47 a 155 individuos**, según el índice de Eberthardt & Van Etten (1956) (el cual se considera el más adecuado para nuestro muestreo) y empleando ambas tasas de defecación (TD=3 Y TD=6). **Cabe señalar que cinco meses no son suficientes para conocer el tamaño definitivo de una población**, al menos **se requiere un año para generar información más certera**. En la tabla (Tabla IV.20) podemos observar gran variación en cuanto al número de individuos, dichos números cambian conforme al índice utilizado, y al mes, lo cual se atribuye a las variaciones propias de los índices, la temporada (lluvias y secas). El mes de marzo presenta los valores más altos, dado que fue el mes de inicio y se contabilizaron excretas sin saber el tiempo de acumulación. A partir de abril se contabilizaron las excretas acumuladas con un tiempo conocido (1 mes) pues se realizó la limpieza el mes de marzo. En junio y julio los valores bajos pueden atribuirse a la temporada lluviosa, ya que las excretas son lavadas de las rocas de manera natural, incluso por el río cuando crece.

Sin embargo los datos de cinco meses nos dan indicios de la situación de la nutria en el río: saber que se reproduce en la zona, que tiene una alta actividad a lo largo del río y un número considerable de individuos.

Tabla IV.20 Número de nutrias en 49.3 km, se calcularon con cuatro índices diferentes y a lo largo de 5 meses de estudio.

Índice		Número de nutrias en el Río Tehuantepec (en 49.3 km)				
		Marzo-2013	Abril-2013	Mayo-2013	Junio-2013	Julio-2013
$N_L = \frac{n_L}{d}$		261.980	140.998	88.001	50.976	64.977
$N_E = \frac{n_E}{d}$		1271.003	443.010	246.007	50.976	108.016
$A_N$	TD=3 (Gallo 1996)	423.684	147.654	81.986	17.009	35.989



Índice		Número de nutrias en el Río Tehuantepec (en 49.3 km)				
		Marzo-2013	Abril-2013	Mayo-2013	Junio-2013	Julio-2013
$= n_L/T_D$ $/d$	TD=6 Macías-Sánchez (2003)	211.842	73.851	41.018	8.480	17.995
$E$ $= (d)(E_d)$ $/(T_p)(T_D)$ (Eberthardt & Van Etten 1956)	TD=3	174.059	<b>154.901</b>	149.724	29.925	93.424
	TD=6	87.015	77.450	74.887	14.987	<b>46.687</b>

Con base en la frecuencia y tipos de registros de la nutria a lo largo del río se determinaron un total de 15 sitios de relevancia (numerados en orden descendente según su importancia), los cuales se identificaron en función de la combinación y frecuencia de elementos presentes: madrigueras, letrinas y sitios de mayor número de huellas, así como presencia de pozas. La cercanía y ubicación de estos sitios permitió la identificación de 6 tramos de mayor importancia a lo largo del Río Tehuantepec considerados de mayor relevancia a lo largo del río los cuales se encuentran entre los cadenamientos, varios de estos sitios coinciden con áreas de corte crítico, o colocación de muros de contención. (Tabla IV.21 e Imagen IV.53):

Tabla IV.21 Tramos, cadenamiento y sitios de relevancia para la nutria.

TRAMO	CADENAMIENTO	SITIOS DE RELEVANCIA
1	527+800 a 138+400	1, 2, 3, 5, 7, 8, 12
2	143+100 a 144+500	4
3	546+000 a 150+800	9, 13, 14
4	152+500 a 154+500	15
5	156+900 a 158+500	10
6	159+500 a 162+400	6,11

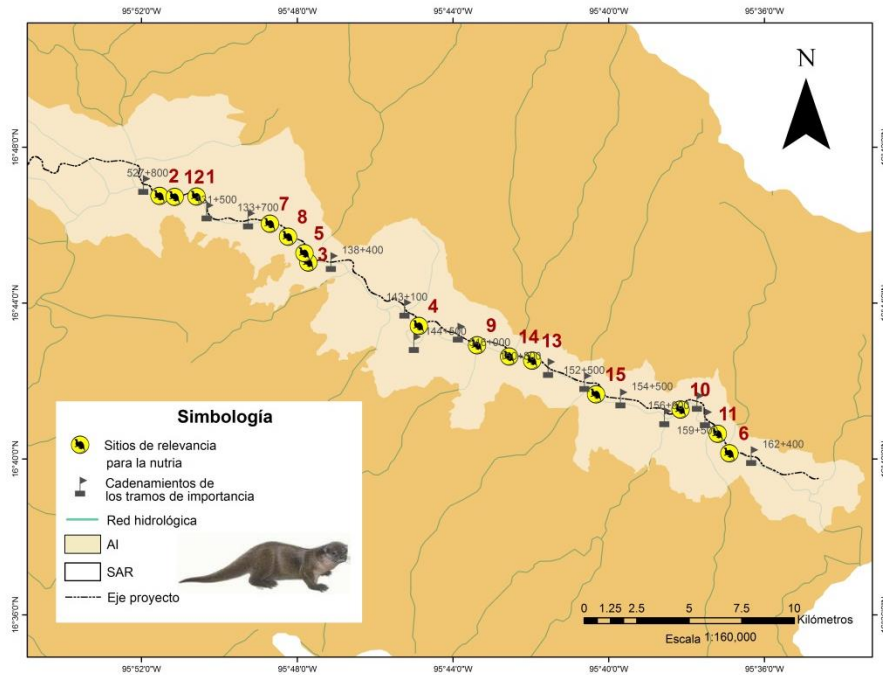


Imagen IV.53 Los círculos amarillos representan los sitios de relevancia para la nutria, están numerados en orden descendente de importancia. Estos sitios se determinaron con base en el tipo de registro y la coincidencia de éstos. Están agrupados en seis tramos marcados a cada lado con una bandera gris que indica el cadenamiento al que corresponde del trazo.

En el tramo que va del km 527+700 al 138+400 se encuentran siete sitios de relevancia (1, 2, 3, 5, 7, 8 y 12), incluyendo los tres sitios de mayor importancia en todo el río. Entre dichos cadenamientos se ubicaron siete madrigueras, doce letrinas y de seis pozas (Imagen IV.54)

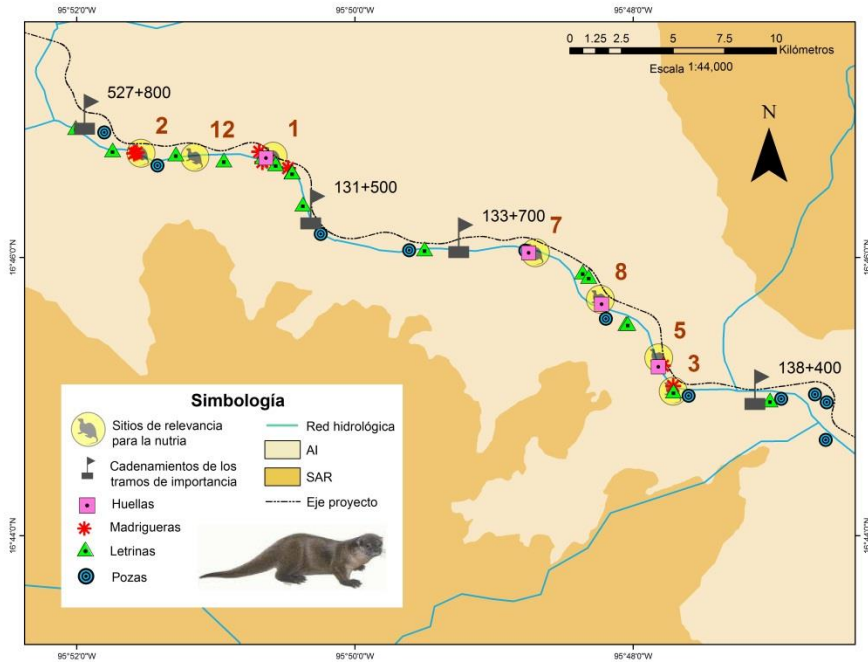


Imagen IV.54 Se marcan los sitios relevantes (círculos amarillos) y los tipos de registro (huellas, madrigueras, letrinas y pozas), así como los cadenamientos.

En el tramo 143+100 a 144+500 se ubicó el cuarto sitio de importancia para la nutria, el cual se consideró así por la presencia de una madriguera, una zona con gran cantidad de huellas y una poza. El tramo 546+000 a 150+800 abarca 3 puntos importantes para la nutria (9, 13 y 14), los cuales fueron determinados con base en la presencia de alrededor de seis letrinas, dos sitios con alta frecuencia de huellas y la existencia de dos pozas (Imagen IV.55).

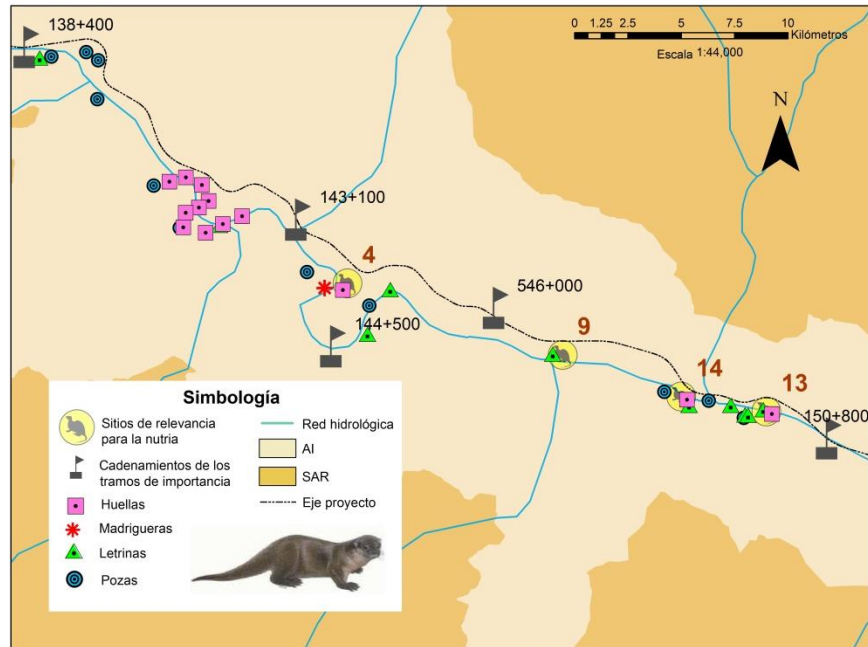


Imagen IV.55 Se marcan los sitios relevantes (círculos amarillos) y los tipos de registro (huellas, madrigueras, letrinas y pozas), así como los cadenamientos.

El 152+500 a 154+500 tan solo tiene un sitio de importancia para la nutria (el número 15) con dos letrinas y una poza. El sitio de importancia 10, el cual incluye una madriguera, dos letrinas y tres pozas se encuentra en el tramo 156+900 a 158+500. El último tramo que se considera relevante es el 159+500 a 162+400, el cual incluye el sitio 6 y el 11 de importancia para la nutria, en los cuales se encontraron letrinas y pozas.

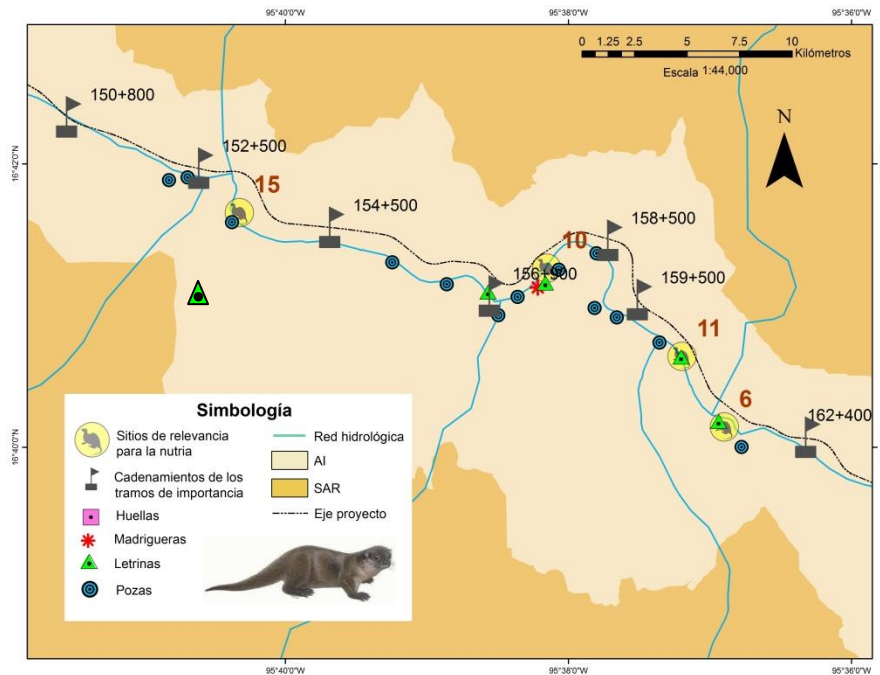


Imagen IV.56 Se marcan los sitios relevantes (círculos amarillos) y los tipos de registro (huellas, madrigueras, letrinas y pozas), así como los cadenamientos.

Una de las principales amenazas hacia la nutria en el río Tehuantepec producto de la carretera son los sedimentos. El azolvamiento de los cauces producto del material proveniente de cortes o de suelos expuestos al arrastre por el agua puede producir una baja de nivel de agua y cambios en las condiciones lo que afectará la abundancia relativa de peces y macroinvertebrados (cangrejos, langostinos, camarones de río, etc.), lo cual afecta de manera indirecta pero de forma considerable a las nutrias (Gallo, 1989), así mismo, se sabe que la reducción de recurso alimenticio puede traer como consecuencia una cadena de acontecimientos con efectos graves en la población de nutria (Gallo, 1989), como son:

- 1) Que los territorios de la nutria se extiendan.
- 2) Al extender el territorio una menor cantidad de perros de agua habitará el río.
- 3) Al disminuir la tasa de encuentros entre machos y hembras se afectará la reproducción.
- 4) El flujo génico puede verse interrumpido debido a la lejanía entre individuos de diferentes familias.

#### ■ Felinos

Muchos mamíferos carnívoros, tales como los felinos, poseen características que los hacen particularmente vulnerables a la transformación de su ambiente, convirtiéndose en unas de las especies más afectadas, ya que requieren de áreas muy extensas para mantener poblaciones estables (Ceballos *et al.*, 2002), así como, diversos tipos de ecosistemas para sus actividades (Silver *et al.*, 2004); aunado a que, de manera natural presentan una baja densidad poblacional (Aranda, 1996). Precisamente, cuando los grandes depredadores desaparecen comienzan a actuar fenómenos en cadena que desestabilizan los ecosistemas y los puede llevar a un completo deterioro. (CONANP, 2009).

Algunos felinos como el jaguar y el ocelote son especies prioritarias en México, se encuentran en Peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se realizó una modelación de nicho ecológico mediante MaxEnt (máxima entropía) para predecir la distribución geográfica de felinos dentro del estado de Oaxaca, para ello se utilizaron registros geográficos y un grupo de variables ambientales, obtenidas de BIOCLIM. Los registros se obtuvieron de diferentes fuentes: de trabajos como el de Cinta-Magallón (2012); de los registros históricos y publicados que utilizó Briones-Salas (2012) para su modelación de distribución potencial del jaguar (con la diferencia que nosotros solo utilizamos aquellos con fecha posterior a 1980); también se utilizó GBIF para acceder a diferentes colecciones; además se usaron los registros de Botello (2006) principalmente los realizados en su trabajo de Monitoreo Participativo en la Región de la Cañada los cuales fueron consultados en sus publicaciones (Botello, 2006; Botello, 2006a) así como en IREKANI donde se encuentran algunas fichas digitales de fotocolecta (Botello *et al.*, 2007), y también se incluyeron los registros de campo obtenidos para este trabajo.

Se obtuvo un mapa con la probabilidad de distribución de felinos, con la finalidad de establecer un marco de referencia a nivel estatal, ya que los registros del SAR tienen importancia no solo a nivel local sino regional y nacional. Se puede observar como estos registros se encuentran en zonas de alta importancia en la distribución y movimiento de felinos. Autores como Koleff y Urquiza-Haas (2011) mencionan esa región (donde se encuentra el SAR) como un corredor biológico, Rodríguez-Soto y col. (2011) específicamente lo señalan como una importante conexión entre las poblaciones del jaguar de la costa del Pacífico, Chiapas, América Central y la Sierra Madre Oriental, inclusive se ha planteado como parte de los corredores de jaguar en Mesoamérica (Salom, *et al.*, 2010). Dado que no se conocen subespecies significa que el jaguar ha logrado mantener la conectividad entre sus poblaciones incluso a través de hábitats fragmentados (Salom, *et al.*, 2010), precisamente por medio de esos corredores.



Si vemos el mapa los registros de felinos del SAR de este proyecto se encuentran intermedios entre los registros de la región Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur, Planicie Costera del Pacífico y Planicie Costera del Tehuantepec, lo cual coincide con el corredor biológico Norte mencionado por Koleff y Urquiza-Haas (2011).

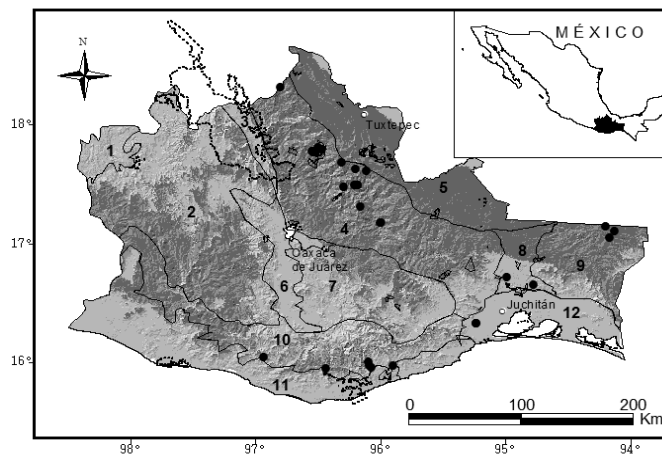
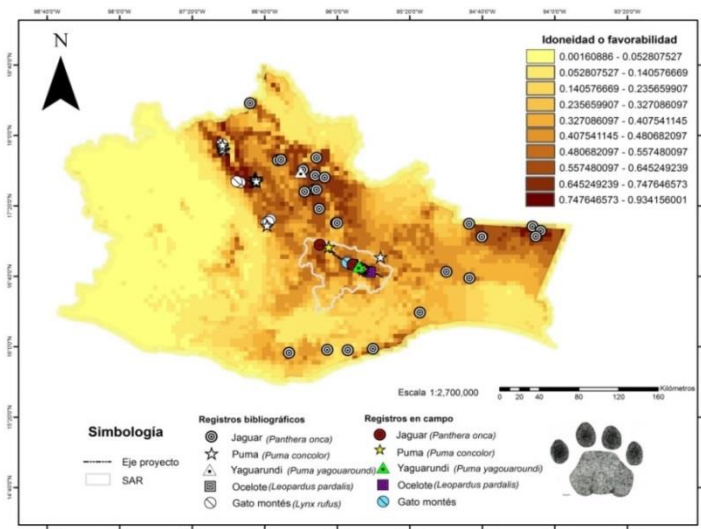


Imagen IV.57 Mapa de Briones-Salas (2012) acerca de la distribución potencial del jaguar en el estado de Oaxaca. Los puntos negros son registros de jaguar. Se encuentran enumeradas y divididas por una línea contigua las subprovincias fisiográficas: 1, Depresión del Balsas; 2, Montañas y valles del occidente de Oaxaca; 3, Fosa de Tehuacán; 4, Sierra Madre de Oaxaca; 5, Planicie costera del Golfo (Papaloapan y Coatzacoalcos); 6, Valles centrales de Oaxaca; 7, Montañas y valles del centro; 8, Depresión ístmica de Tehuantepec; 9, Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (región de los Chimalapas); 10, Sierra Madre del Sur; 11, Planicie costera del Pacífico y 12. Planicie costera de Tehuantepec

Se ha corroborado la presencia de cinco de las seis especies de felinos dentro del AI (Imagen IV.59). Tres de las especies de felinos que registramos se encuentran en alguna categoría riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.22 Especies de felinos registradas en campo y los cadenamientos paralelos más cercanos al sitio de registro.

ESPECIE	CADENAMIENTO	NOM-059-SEMARNAT-2010	TIPO DE REGISTRO
Jaguar ( <i>P. onca</i> )	77+600 128+870 141+800	Peligro de extinción	Huella
Puma ( <i>P. concolor</i> )	88+200 139+000 141+700 152+000	-	Huella-testimonio
Ocelote ( <i>L. pardalis</i> )	147+500 128+900 150+300	Peligro de extinción	Huella
Yaguarundi ( <i>H. yagouarundi</i> )	135+900	Amenazado	Huella
Gato montés ( <i>L. rufus</i> )	122+700	-	Excreta



Imagen IV.58 Registro de *Puma concolor* y *Leopardus pardalis* en Cerro Coyul, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

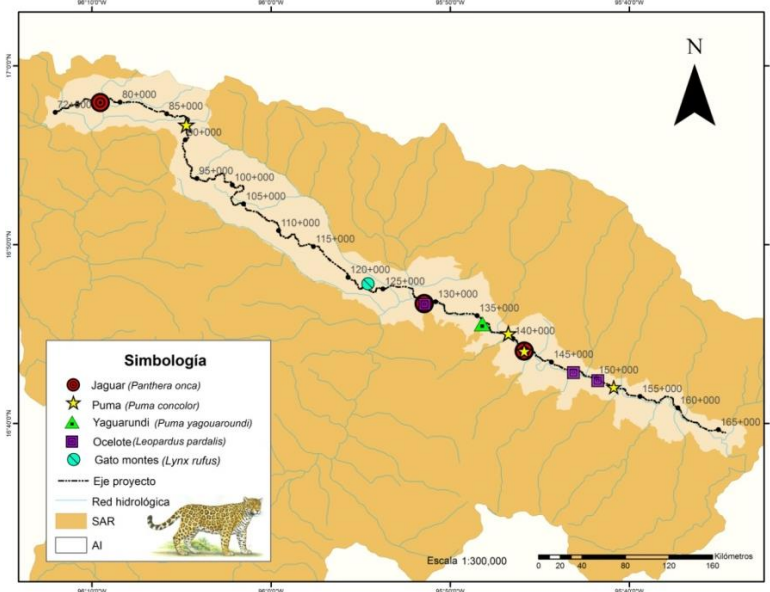


Imagen IV.59 Registros relevantes de felinos dentro del Área de Influencia del proyecto.

También se registraron algunas de las principales presas de los felinos tal es el caso del venado, el pecarí y el tepezcuintle. Ávila-Najera (2009) menciona que en el caso del jaguar el 70 % de su dieta se conforma de mamíferos medianos y grandes (aunque también consumen presas de menor talla como el armadillo), así mismo, seleccionan presas en relación con su abundancia regulando sus poblaciones. Especies de menor tamaño como el gato montés, el yaguarundi y el ocelote consumen pequeños mamíferos, reptiles, aves e invertebrados (Ceballos y oliva, 1995).



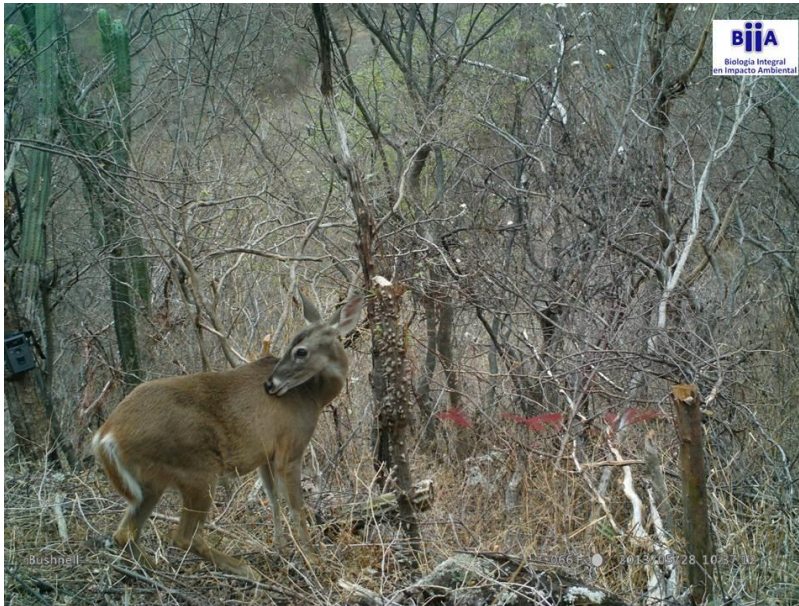


Imagen IV.60 Registro de Venado cola blanca (*O. virginianus*), imagen obtenida de una fototrampa colocada a 100 m de donde pasará el trazo, a la altura del cadenamiento 119+850.

Tabla IV.23 Registros relevantes de presas potenciales de felinos dentro del AI.

ESPECIE	CADENAMIENTO	NOM-059-SEMARNAT-2010	TIPO DE REGISTRO
Venado cola blanca ( <i>O. virginianus</i> )	85+200, 89+850, 108+700, 109+800, 112+100, 114+500, 122+600, 124+800, 125+650, 128+100, 129+800, 136+800, 137+000, 137+100, 138+200, 139+700, 140+200, 141+000, 141+100, 142+800, 142+900, 144+000, 149+150, 150+300, 150+400, 152+500, 162+900, 163+300	-	Huella, excreta
Tepezcuintle ( <i>C. paca</i> )	112+100	-	Huella
Pecarí o jabalí ( <i>P. tajacu</i> ).	136+800, 136+900, 141+100, 144+100, 147+100	-	Huella

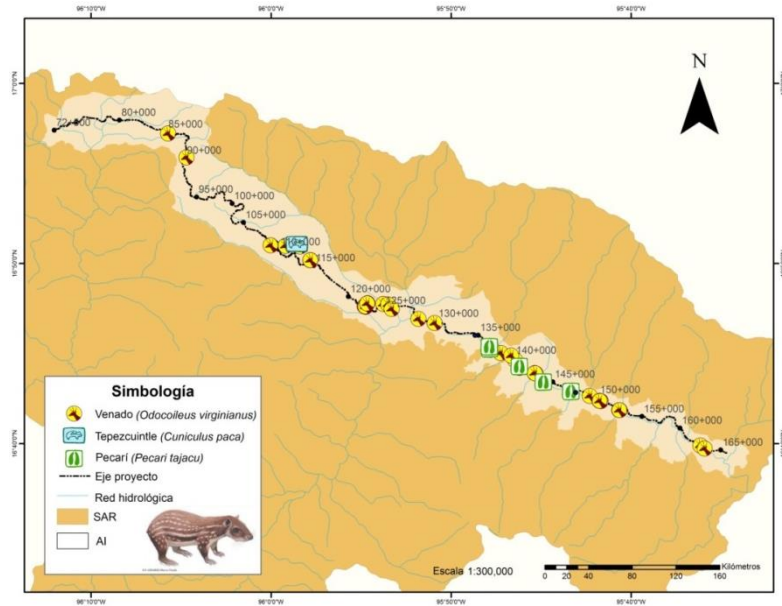


Imagen IV.61 Registros de algunas especies de presas de felinos dentro del Área de Influencia del proyecto.

También se registraron otros mamíferos de los cuales destacan el Viejo de monte, el oso hormiguero y la ardilla voladora (Imagen IV.63), los tres se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies que se asocian a hábitats en buen estado de conservación.



Imagen IV.62 Zorra gris (*U. cinereoargenteus*) a alrededor de 280 m de distancia al trazo aproximadamente en el km 114+500.



Tabla IV.24 Otras especies de mamíferos registradas.

ESPECIE	CADENAMIENTO	NOM-059-SEMARNAT-2010	TIPO DE REGISTRO
Viejo de monte ( <i>E. barbara</i> )	141+800	Peligro de extinción	Huella
Oso hormiguero ( <i>T. mexicana</i> )	-	Peligro de extinción	Piel de un individuo que fue cazado
Coyote ( <i>C. latrans</i> )	118+100, 118+300, 119+600, 122+600, 124+400, 124+600, 124+700, 125+700	-	Huella
Zorrillo (sin identificar)	129+000	-	Huella
Zorra gris ( <i>U. cinereoargenteus</i> )	77+700, 108+200, 108+600, 108+700, 108+700, 114+100, 115+200, 118+00, 118+700, 119+400, 122+600, 124+600, 128+300, 128+400, 131+200, 134+400, 135+800, 137+100, 141+100, 141+700, 142+500, 142+600, 142+700, 144+300, 144+400, 146+700, 121+800, 153+700	-	Huella
Coatí ( <i>N. narica</i> )	134+200, 134+400	-	Huella
Ardilla voladora ( <i>G. volans</i> )	109+700	Amenazada	Fototrampa
Armadillo ( <i>D. novemcinctus</i> )	128+300, 137+300	-	Huella
Tlacuache ( <i>Didelphis sp.</i> )	147+700, 134+800	-	Huella

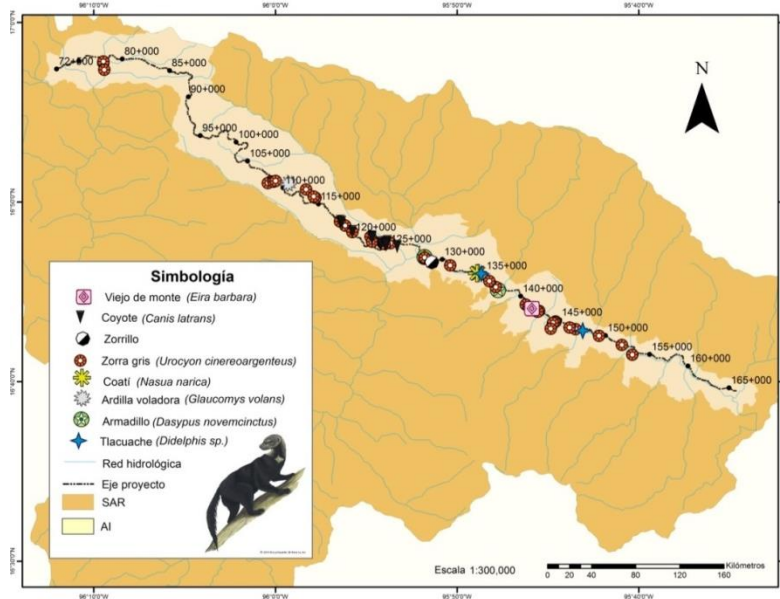


Imagen IV.63 Otras especies de mamíferos dentro del Área de Influencia del proyecto.

La generación de medidas adecuadas que eviten o mitiguen las posibles afectaciones a estos grupos de organismos depende de la disponibilidad de información sobre sus poblaciones en el sitio, información tal como: especies de felinos presentes y sus presas, abundancia, existencia de corredores biológicos, selección y uso del hábitat, entre otras. Así como la posterior evaluación de la eficacia de las medidas de mitigación aplicadas. El atropello es uno de los problemas a los que se enfrentarán por lo cual es importante determinar las rutas por las cuales se desplazan.

#### IV.2.2.2.1.1 Corredores de mamíferos

Entre los efectos de la fragmentación sobre la fauna silvestre están: la pérdida de especies, cambios en la composición de agrupaciones de animales y el aislamiento de hábitats (Fahring, 2003), lo cual acarrea la limitación del movimiento de los animales a través del paisaje (Bennet, 1998) y por tanto la alteración del ámbito hogareño, la modificación de los patrones de selección de hábitat, transformación en las interacciones sociales e incremento en la intensidad de depredación, disminución de los procesos de dispersión y alteración de las posibilidades de reproducción y supervivencia, incrementando la consanguinidad, lo que puede dar como resultado la extinción local de las poblaciones.

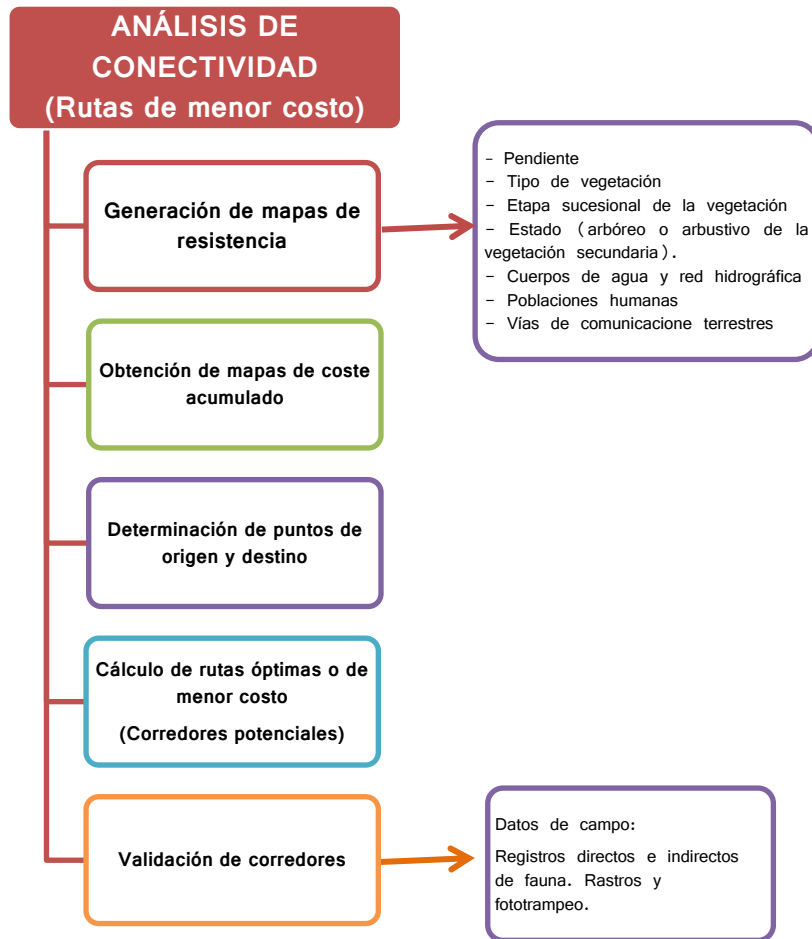
La identificación de corredores potenciales es de vital importancia en la toma de decisiones y aplicación de medidas que eviten o disminuyan la afectación producto de la fragmentación de los

hábitats. El objetivo principal es mantener la conectividad de los hábitats que se encuentran a ambos lados de la carretera, para que ésta no constituya una barrera al desplazamiento. Para ello se realizó la identificación de los corredores potenciales dentro del SAR, por medio de un análisis de conectividad y se determinaron aquellos corredores que podrían verse interrumpidos por la vía. Aunado a esto se consideraron las obras hidráulicas contempladas en la planta del proyecto y su coincidencia con los corredores potenciales.

A continuación se resumen los pasos que se siguieron:



La metodología usada para determinar corredores fue el modelo de conectividad “Rutas de menor costo” (“Least cost path”). Este modelo de costo-distancia se basa en el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), por medio del cual se identifica la resistencia de desplazamiento de los animales y las rutas con la menor resistencia, el resultado de este análisis son corredores potenciales (Ruiz-González, et al. 2010). El análisis consta de los siguientes elementos:



**Mapa de resistencia:** el movimiento a través del territorio se hace más o menos fácil en función de ciertos atributos de éste, por ejemplo, existencia de vías de comunicación, pendientes, obstáculos naturales o artificiales (Moreno, 2009). Esta dificultad que supone para una especie desplazarse por los distintos tipos de hábitat y diferentes características del paisaje se representan por medio de los valores de fricción o resistencia al desplazamiento.

La resistencia se elaboró con los criterios: tipo de vegetación, estado de conservación, tipo de estructura (arbórea, arbustiva), relieve, red hidrográfica, presencia de carreteras, terracerías, caminos, localidades y áreas urbanas. Siendo los valores cercanos a cero los que ofrecen menor resistencia al desplazamiento y los cercanos a 100 los que se constituyen como barreras.

Tabla IV.25 Valores de resistencia otorgados a los diferentes elementos de las capas.

VALORES DE ORIGEN DE LA CAPA	NUEVOS VALORES DE RESISTENCIA
Pendiente del terreno	
0 a 5 %	1
5.1 a 20 %	15
20.1 a 35 %	30
35.1 a 50 %	50
50.1 a 100 %	70
Tipo de vegetación	
Tipo de vegetación natural (BMM, BP, BA, BQ, SBC, SAP, etc.)	1
Pastizal inducido	40
Cultivos	50
Áreas sin vegetación aparente	60
Etapa sucesional	
Secundario	10
Primario	1
Estado de la vegetación secundaria	
Arbórea	10
Arbustiva/Arbustivo	20
Cuerpos de agua como barrera geográfica	
Intermitente	50
Perenne	80
Cuerpos de agua como ecosistema	
Intermitente	10
Perenne	2
Red hidrográfica como barrera geográfica	
Intermitente	1
Perenne	10
Red hidrográfica como medio	
Intermitente	10
Perenne	1
Poblaciones humanas	
Localidades rurales (búfer de 300 m)	80
Polígonos urbanos (búfer de 500 m)	100
Vías de comunicaciones terrestres	
Pavimentada	100
Terracería	80
Brecha	60
Vereda	40

**Mapa de coste acumulado:** Se combinaron los múltiples factores de hábitat en un solo mapa, lo cual se hizo mediante métodos algebraicos de valores resistencia, de esta forma los valores asignados en cada capa son combinados en un solo pixel.

**Puntos de origen:** se definieron puntos de origen en un lado del trazo y los de destino al otro lado para poder determinar los corredores por los cuales se desplazan los organismos para atravesar la carretera.

**Cálculo de rutas óptimas:** Con los mapas de coste acumulado se calcularon las rutas de mínimo costo. Las rutas de mínimo costo discurren por aquellas partes del paisaje por donde la resistencia acumulada resulta ser mínima entre dos puntos. Recordemos que la resistencia fue una combinación de factores de hábitat, tales como uso de suelo y vegetación, existencia de vías de comunicación, es decir, elementos importantes para la fauna. Así que las rutas de menor costo equivalen a las rutas más probables de desplazamiento en función de las restricciones que existen en el ambiente (Jiménez, 2003), por ello se consideran corredores potenciales (CP).

El resultado es un mapa con las rutas de menor costo o corredores potenciales, es decir los caminos en los cuales los “costos” de los animales son menores en términos de esfuerzo y riesgo y que se consideran más probables para el tránsito de los organismos al moverse de un lado a otro de la carretera.

**Validación de corredores:** se realizaron monitoreos de fauna, lo cual implicó registros indirectos, tal es el caso de huellas, excretas y fototrampeo. Se agregaron los registros de fauna realizados en campo durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto a los puntos de origen y destino para posteriormente obtener las rutas de menor costo por las cuales se moverían estos organismos para atravesar la carretera, lo que en adelante se mencionará como CV (Corredores validados).

El análisis de conectividad dio como resultado un total de 124 corredores potenciales (CP) de desplazamiento de fauna que atraviesan perpendicularmente al trazo. Al incluir los registros en campo de fauna se generaron 15 corredores nuevos además de los propuestos en el modelo inicial (es decir no habían sido considerados como corredores hasta que se obtuvieron registros en campo).

En total considerando los 124 corredores potenciales y los 15 corredores nuevos, tenemos 139 corredores de desplazamiento de fauna. Con los registros en campo se lograron validar 123 corredores potenciales (CP).

El total de corredores es de 33 interceptaron entre dos y seis veces el eje del proyecto en diferentes distancias; todos estos corredores se evaluaron en cada punto de intercepción de manera individual con la fauna registrada y así se determinaron las dimensiones de infraestructura necesaria para el paso de fauna en cada punto. Por consiguiente, en varios casos los corredores requerían de más de una infraestructura o medida de protección. De acuerdo a lo anterior, los



resultados fueron los siguientes: dos corredores presentan seis intercepciones, y siete corredores atraviesan tres veces el eje; y los otros 24 corredores, presentan dos intercepciones el eje del proyecto, esto debido a que la topografía, la pendiente y la vegetación de estas zonas muestra zonas con elevaciones y zonas bajas que son óptimas para que la fauna pueda desplazarse.

Los corredores Río Tehuantepec y Cerro Coyul (cadenamiento del km 527+440 al km 165+651 y km 28+700 al km 132+100), no atraviesan perpendicularmente el eje del proyecto, sin embargo están situados paralelamente al trazo por lo que serán influenciados de forma directa por la construcción de la carretera.

Del total de corredores muestreados, 23 registraron más de 10 especies; los corredores del Río Tehuantepec (con 27 especies), el corredor J (con 20 especies) y el 85 (con 18 especies), son los que obtuvieron mayor número de especies; seguido de los corredores 15, 17, 38, 64, 65, 115, 119, 120, 121, 122, 123, 124 y C, que tuvieron sólo un registro de fauna y el corredor 26 en el cual no tuvo registros de fauna (Tabla IV.26)

Tabla IV.26 Corredores encontrados y número de especies registradas.

# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas	# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas	# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas	# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas
1	73+216.30	5	36	100+589.57	2	71	119+216	3	106	150+150	10
	73+357.65			119+235.86			150+016.00				
2	75+180	4	37	101+231.17	8	72	120+475.99	3		152+080	7
3	75+644.15	7	38	101+420.84	1	73	120+840	3	107	152+870	7
4	76+484.32	10	39	102+521	6	74	121+880	3	108	153+218.89	5
4	76+369.69	9		102+596.57	7	75	122+400	3	109	153+342.19	5
5	77+769.93	11	40	102+614	8	76	123+589.34	8		110	154+054.30
	77+924.71			102+680			123+802.74		154+460		
6	78+955.55	8	41	103+950	8	77	124+633.33	9	111	154+300	9
	79+090.01	8	42	104+195	3	78	125+029.37	5	112	154+528.53	9
	78+553.34	11	43	105+560	4	79	125+200	5	113	157+529.84	4
	78+656.94	11	44	106+350	4	80	125+440	5	114	157+900	4
	79+548.70	8		106+654.25	4	81	127+127.58	6		158+118.78	1
7	80+850	2	45	106+813	3	81	126+587	7	115	159+109	1
8	81+770	5		106+912.98	3		526+676.74	7		158+705.53	1
10	82+240	4	46	107+200	3	82	526+702	7	116	159+668.94	5
	82+990	4	47	108+006.03	8	83	527+640	7		160+011.17	3
11	82+910	3	48	108+321.21	8		83	527+622.71	7		
	82+990	4	49	108+521.72	9	527+648		7			

# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas	# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas	# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas	# de Corredor	Cadenamiento de intercepción	# de Especies registradas
12	83+100	3	50	108+658.51	7	84	127+800	9	118	160+418.43	3
13	83+400	2	51	108+800	9	85	130+680	18	119	161+250	1
14	83+830	2	52	108+919.91	4	86	131+435.29	16	120	162+840.93	1
15	83+990	1	53	108+980	8	86	131+300	17	121	162+984.49 162+988.65	1
16	84+100	2	54	110+497.62	7	87	133+300	14	122	164+61.14	1
17	86+830	1		110+260	7		133+715.69	14	123	164+951.99	1
18	87+370	2	55	110+716.85	7	88	134+100	10	124	165+000	1
19	87+630	5	56	110+950	2	89	134+800	11	A	108+406.08	9
20	87+978.47	3	57	111+218.52	8	90	135+556.38	10	B	109+750	9
	87+980	3	58	111+530	7	91	136+410	7	C	122+615.22	1
21	88+810	12	59	111+967.81	4	92	137+867.51	14	Cerro Coyul	-	14
22	89+000	5		112+097.75	4		138+115 138+193	15	D	122+659.01	4
23	89+930	4	60	112+519.71	5	93	139+276.22 139+278.26	14	E	122+860	4
24	91+193.15	2	61	113+655.03	3		139+325.04	14	F	124+041 124+033	8
25	91+363.36	2	62	113+986 113+989 114+006.81	6	94	140+990	15			124+300
26	91+512.05	0	63	114+993.53	4	95	142+400	15	G	124+494.41	8
27	93+455.25	3		115+194.59	4	96	143+572.43	12	H	125+690	7
	93+571.32	3	64	115+690	1	97	143+810	11	I	126+079.74	4
28	94+782.21	2	65	115+957.48	1	98	545+104.92	10	J	131+613.51	20
29	94+879.70	2	66	116+372.89	2	99	545+240	10	K	135+420	7
30	97+438.06	6		116+180.68	5	100	545+340	11	L	157+050.45	3
31	97+560	6	67	116+212.32	5	101	545+850	10			156+885.37
	97+560	6		116+579.92	3	102	147+166.98	8	M	159+424.68	5
32	097+860	7	68	117+258.04	4	103	147+302.86	8	Río Tehuantepec	-	27
33	98+134.89	6	69	117+889.20	4	104	147+440	7			
34	98+509.38	2	70	117+772.53	3	105	148+208.05	9			
35	99+060 99+206	3		118+871.04	3						

En color azul se observan corredores con mayor número de especies registradas.

En color rosa se muestran los corredores con un solo registro de fauna.

El análisis por especie y número de corredores se obtuvo que, las más frecuentes registradas o más abundantes fueron: el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), que fue la especie que valida un mayor número de corredores por lo que representa el 85.61% de los corredores; y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) con presencia en el 76.98% de los corredores.

Esto indica que, a lo largo del trazo y por las condiciones de conservación que resguarda el área, estas especies ampliamente distribuidas *serían las principales afectadas con atropellos o colisiones*. Cabe resaltar que, en el sitio existen especies abundantes consideradas de tallas grandes como el venado, puma y jaguar, así como especies medianas, como el pecarí, tamandúa, coatí, mapache, zorrillo de espalda blanca, etc., *las cuales requieren obras amplias y adecuadas para permitir su desplazamiento entre los diversos tipos de vegetación encontrados, por eso resulta de gran importancia que se ejecuten las construcciones, ampliaciones o modificaciones a las estructuras (obras hidráulicas principalmente), para mantener el equilibrio especies en los ecosistemas presentes en el área del proyecto.*

También se analizaron las especies de tallas mayores y su incidencia dentro de los corredores del trazo como son el jaguar, el puma y el venado cola blanca. De este análisis se observa que de los 139 corredores del proyecto, 115 presentan especies de talla grande: 7 corredores presentan tres especies de talla grande, 14 corredores presentan dos especies de talla grande y 94 corredores presenta solo una especie de talla grande.

Por otro lado, al considerar y valorar las especies de forma independientemente al total de corredores, dan como resultado que el venado cola blanca fue la especies más representativa, misma que se registró en 115 corredores, es decir en el 82.73 % del total de corredores muestreados; seguido del puma, que se registró en 16 corredores equivalentes al 11.51 %; y el jaguar, que se encontró en 12 corredores que equivale al 8.63 % del total de corredores. Cabe mencionar que el venado cola blanca es una especie abundante presente en prácticamente todos los hábitats del sitio de un estado de conservación media o alta, siempre que estos le proporcionen suficiente refugio y alimento; es una especie importante, en particular para los felinos ya que forma parte de su cadena alimenticia. Respecto a los felinos, estos tienen hábitos más arraigados a sitios con mejores condiciones de conservación (en particular el jaguar), lo cual los hace particularmente vulnerables a la transformación de su ambiente, ya que requieren de áreas muy extensas para su desarrollo y de manera natural presentan baja densidad poblacional (Aranda, 1996).

## Corredores y su relación con especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En cuanto a la comparación con el total de corredores y las especies que tienen una categoría en NOM-059-SEMARNAT-2010, se tuvo como resultado que de los 139 corredores evaluados, en 73 (52.52%) se encontraron especies con alguna categoría de riesgo; en 58 (41.72%) se encontraron especies Amenazadas, en 32 (23.02%), se presentaron especies en Peligro de extinción y en 26 (18.71%) existieron especies sujetas a Protección especial.

De todas las especies registradas, la nutria (*Lontra longicaudis*) fue la especie más representativa con mayor número de registros, ya que estuvo presente en 49 corredores, seguido del ocelote (*Leopardus pardalis*), que se presentó en 25 corredores; el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) que fue encontrado en 18; el jaguar (*Panthera onca*) detectado en 12 y la tayra (*Eira barbara*) en 11 corredores.

Para el análisis de los datos, tomando en cuenta sólo los registros de especies sensibles incluidas en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de acuerdo a los grupos de organismos presentes mamíferos, aves, reptiles y anfibios, se observó lo siguiente:

Dentro de los mamíferos, **los felinos** mostraron registros relevantes debido a que **se obtuvo el registro de las 6 especies de felinos presentes en México** (jaguar, puma, ocelote, gato montés, jaguaroundi y tigrillo). De estos, el jaguar, el ocelote y el tigrillo se encuentran en peligro de extinción y el jaguaroundi se cataloga como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El ocelote (*Leopardus pardalis*), fue la especie más registrada en los corredores, validando el 25.18% de estos, seguido del jaguar (*Panthera onca*) con el 8.63% y el jaguaroundi con el 7.19% de los corredores y en menor proporción el tigrillo (*Leopardus wedii*) que valido el 2.88% de los corredores (Tabla IV.27). Es necesario considerar que estas especies registradas son estrictamente carnívoras, por lo que su densidad poblacional es baja y por tanto su ámbito hogareño es variable ya que depende del estado fisiológico, edad, sexo del animal, así como de la diversidad del hábitat, densidad y distribución de sus presas.

Por ejemplo, para el caso del jaguar que es la especie de mayor talla se tiene documentado un ámbito hogareño de 10-78 km<sup>2</sup> (hembras) y de 31-130 km<sup>2</sup> (machos); por lo que la segmentación de su hábitat puede impedir la conectividad del área y por lo tanto, imposibilitar el desplazamiento dentro de su hábitat, que puede detonar un desorden ecológico en las poblaciones de sus presas potenciales tales como el venado cola blanca, venado temazate, pecarí de collar, coatí y armadillo, por la falta de un depredador que las controle.

Otro grupo relevante de mamíferos fue el de los mustélidos, que incluye a **la nutria de río** (*Lontra longicaudis*) especie incluida como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y que validó al

38.13% de los corredores. Con los monitoreos realizados se confirmó que la nutria habita sobre el río Tehuantepec (corredor más primordial Noroeste-Sureste), y que además utiliza un alto número de arroyos y ríos tributarios del Tehuantepec para satisfacer sus necesidades. Varios de estos ríos y arroyos tributarios serán intervenidos por el proyecto. Aunado a estas especies se registró la presencia del cabez de viejo (*Eira barbara*) que valido el 8.63% de los corredores (Tabla 4).

Tabla IV.27 Número y porcentajes de corredores validados por las especies sensibles o normadas

NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059- SEMARNAT- 2010	IUCN	CITES	No. DE REGISTROS	No. DE CORREDORES VALIDADOS	% DE CORREDOR
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	Pr	EN	-	2	1	0.72
<i>Lithobates berlandieri</i>	Pr	LC	-	1	1	0.72
<i>Lithobates forreri</i>	Pr	LC	-	7	3	2.16
<i>Aimophila sumichrasti</i>	P	NT	-	1	1	0.72
<i>Ara militaris</i>	P	VU	I	113	22	15.83
<i>Aratinga canicularis</i>	Pr	LC	-	21	3	2.16
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	A	LC	I	4	10	7.19
<i>Leopardus pardalis</i>	P	LC	I	39	35	25.18
<i>Leopardus wiedii</i>	P	NT	I	1	4	2.88
<i>Panthera onca</i>	P	NT	I	7	12	8.63
<i>Eira barbara</i>	P	LC	-	8	12	8.63
<i>Lontra longicaudis</i>	A	DD	I	858	53	38.13
<i>Taxidea taxus</i>	A	LC	-	4	3	2.16
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Pr	LC	-	3	4	2.88
<i>Tamandua mexicana</i>	P	LC	-	17	29	20.86
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	Pr	LC	-	1	3	2.16
<i>Boa constrictor</i>	A	-	-	1	1	0.72
<i>Leptodeira annulata</i>	Pr	LC	-	1	1	0.72
<i>Leptodeira maculata</i>	Pr	LC	-	2	1	0.72
<i>Leptophis diplotropis</i>	A	LC	-	1	1	0.72
<i>Salvadora intermedia</i>	Pr	LC	-	4	2	1.44
<i>Ctenosaura oaxacana</i>	A	CR	-	10	5	3.60
<i>Ctenosaura pectinata</i>	A	-	-	15	16	11.51
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	A	LC	-	1	2	1.44
<i>Phrynosoma braconnieri</i>	Pr	LC	-	1	6	4.32
<i>Anolis isthmicus</i>	Pr	DD	-	23	11	7.91
<i>Rhinoclemmys rubida</i>	Pr	NT	-	1	2	1.44
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Pr	-	-	6	4	2.88

Por último, en cuanto al grupo de mamíferos incluidos en algún categoría de riesgo, se registró al oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), mamífero perteneciente al orden Pilosa incluido como especie en peligro de extinción, el cual validó el 20.86% de los corredores. *Esta se considera una especie sensible a la fragmentación de su hábitat, por ser una especie arborícola, por lo que requiere no solo de la colocación de pasos de fauna si no también se requiere de la reforestación como compensación de la pérdida de cobertura vegetal derivada de las actividades de desmonte.*

Además, de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontraron especies que están consideradas en riesgo nacional e internacional, ya que sus poblaciones están siendo afectadas por la fragmentación o destrucción de sus hábitats y que a su vez, su distribución y su abundancia han disminuido y están en riesgo de desaparecer, tal es el caso de *Panthera onca* y *Leopardus wiedii*.

Por tal motivo para el análisis comparativo entre los corredores y las obras existentes en la planta geométrica del proyecto, se hicieron las debidas aportaciones para sitios que requieren de construcción, modificación o ampliación para permitir el paso de fauna.

Uno de los sitios más relevantes fue el detectado con el paso de jaguar, por lo que se requiere de la construcción de tres estructuras con dimensiones no menores a 10 – 15 m de ancho con una altura de no menos de 3.5 metros, los cuales serán pasos específicos de fauna, con los cuales se pretende que especies de talla grande como el jaguar, (*P. onca*), no interrumpa en gran forma su desplazamiento, es decir que la carretera no forme una barrera que impida su movimiento a otras áreas, ya que requieren de grandes extensiones de vegetación conservada y es una especie sensible a cualquier cambio ambiental (ver anexo de mapas de corredores y sus estructuras).

## Evaluación de estructuras para pasos de fauna

Con el total de registros en campo de los diferentes grupos faunísticos terrestres, se evaluaron las obras propuestas de acuerdo a los planos de la planta geométrica del proyecto y los sitios de registro de corredores de fauna, y en consideración de que algunos corredores cruzan una o varias el trazo. Con esta información, se generaron las adecuaciones, modificaciones y construcciones de las obras que serán las principales medidas de mitigación para reducir el efecto barrera de la nueva carretera en el sitio. Para estas obras se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Características naturales del terreno que fueran adecuadas y viables para su realización
- Verificación de las estructuras de acuerdo a los planos de la planta geométrica del proyecto.



- Especies registradas en estos sitios se encuentren en una categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Peligro de extinción, Amenazada o bajo Protección especial).
- Tamaño de las especies respecto a las estructuras, se consideraron como relevantes las especies de talla grande y mediana, que tienen amplia distribución.

De acuerdo a los criterios anteriores, se obtuvo como resultado que para mantener la permeabilidad en el ecosistema, 56 corredores requieren de: **7 construcciones nuevas, 47 obras que requieren modificación y 4 obras necesitarán ampliación, lo que corresponde a la transformación de 58 obras (Tabla IV.26)**. Como se mencionó, de los 139 corredores, 33 tocan más de una vez el trazo, por lo que en total se registraron 179 sitios con registros de fauna, de los cuales 67.04% (120) se asociarán a algún tipo de obra y 32.96% (59) no presentan ninguna obra. De los corredores sin obra que tocan el trazo, se contemplan la colocación de señalética en 23 de estas (12.85%) (Tabla IV.28).

***Por otra parte, de los 120 sitios asociados a algún tipo de obra (de acuerdo a la revisión de las en la planta), 62 sitios se consideran como pasos de fauna adecuados (Corredores Resueltos), 51 sitios son considerados para transformaciones (ya sea modificación o ampliación) y 7 sitios requieren la construcción de nuevas estructuras para contrarrestar la fragmentación y el efecto barrera que generará la construcción de la carretera.***

Cuando los registros en campo se asociaron a obras existentes en la planta, se consideró la modificación y/o ampliación de obra, esto conforme a las especies de talla grande registradas y la dimensión de la estructura propuesta en los planos de la planta geométrica. Conforme a esto, las obras a construir, ampliar o modificar, sitios de colocación de señalética, así como sitios sin cambios en sus estructuras y demás detalles de los corredores se mencionan a continuación:

**Corredores prioritarios.** Por otro lado, se obtuvieron en campo dos corredores prioritarios o de importancia, **el Cerro Coyul y el Río Tehuantepec**. En el cerro Coyul se registraron especies como el puma, oso hormiguero; mientras en el Río Tehuantepec se obtuvieron presencia de puma, jaguar, jaguarundi, tigrillo, nutria de río y ocelote por mencionar sólo algunos. Además ambos sitios presentaron los mayores números de especies, así como especies de talla grande y en categoría NOM-059-SEMARNAT-2010. Estos sitios están fungiendo como zonas de desplazamiento, refugio y alimentación para la fauna silvestre, por eso es vital una vigilancia estricta antes, durante y después de la ejecución de proyecto para asegurar la conservación de dichas especies y mantener la estabilidad del ecosistema (ver anexo, Tabla de totales y Mapas).

**Corredores resueltos.** Se obtuvieron 62 sitios de paso de fauna correspondientes de 55 corredores, de los cuales 53 coinciden con obras mayores (puentes y viaductos), y una obra de

tubo de concreto (sin registro de fauna) de acuerdo a la planta del proyecto, que van a permitir el libre tránsito de la fauna silvestre (Ver anexo Corredores y pasos de Fauna).

**Corredores con obras nuevas para construir.** Se obtuvieron siete sitios que forman parte de seis corredores, que tocan áreas donde no hay ninguna obra, por lo que **se deberán construir 7 obras específicas de diferentes dimensiones para los pasos de fauna.** En 4 de estos sitios se registraron especies de carnívoros claves, como Jaguar (*Panthera onca*), Ocelote (*Leopardus pardalis*) y Nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*), y en los otros 3 sitios se obtuvieron el registro de especies presas como Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Pecarí (*Pecari tajacu*), Tepezcuintle (*Cuniculus paca*), Conejo silvestre (*Sylvilagus floridanus*), Armadillo (*Dasybus novemcinctus*) entre otros. La construcción de las estructuras deben tener dimensiones mínimas de entre 10 y 15 mtros de ancho por 3.5 metros de alto; cajas de diferentes medidas como son de 4x2.5m y 6x3m, debido a que estas obras permitirán, el paso de especies de tallas grandes y medianas, que requieren de dimensiones amplias para su desplazamiento y asegurar la supervivencia y reducción del efecto barrera de estas especies (Ver anexo Corredores y pasos de Fauna).

**Corredores con obras para ampliar.** Se obtuvieron cuatro corredores que tocan cuatro obras, que serán ampliados y adecuados para pasos de fauna, ya que en los registros obtenidos en campo, se registraron especies grandes y medianas como el venado cola blanca y ocelote, y que necesitan tener estructuras con dimensiones amplias para que tengan la confianza y puedan utilizar estas obras como sus pasos (Ver anexo Corredores y pasos de Fauna)

**Corredores con obras para modificar.** De los 139 corredores registrados, 46 corredores tocan **47 obras que serán modificadas estructuralmente**, entre estas se contempla 46 tubos a cajas de diferentes dimensiones, un tubo a losa de 6.0x2.5 metros y un tubo a dimensión de 10-15 x3.5 metros. La necesidad de modificación es porque se encontraron especies grandes y medianas, que están en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010, y que necesitan áreas extensas y de buena calidad, tal es el caso de jaguar (*Panthera onca*). Además de que se obtuvieron otros registros constantes de carnívoros como Felinos (gato montés, jaguarundi, ocelote, tigrillo), Canidos (coyote y zorra), Mustélidos (nutria neotropical de río y tayra), especies presas como el Venado cola blanca, Temazate rojo, Tepezcuintle, Pecarí, Armadillo, Conejo, entre otras (Ver anexo Corredores y pasos de Fauna).

**Corredores que requieren señalética.** Se obtuvieron que 20 corredores de **23 sitios donde se colocaran señaléticas como advertencia que es una zona de pasos de fauna** (Ver anexo Corredores y pasos de Fauna). Estos sitios son corredores que fueron considerados para la colocación de señalética vertical y horizontal (de acuerdo a la normatividad de la SCT), y que al ser revisados con la planta del proyecto, muestra que por características topográficas y diseño de la

carretera no es posible las colocaciones de estructuras específicas para paso de fauna; sin embargo, las señaléticas y reductores de velocidad pueden reducir el atropellamiento de fauna silvestre (se encuentre o dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010), y con ello mantener la seguridad de los para los usuarios y reducir el atropello de fauna.

Cabe mencionar, que en estos sitios existen 6 puntos donde se registró el cruce de especies emblemáticas como Jaguar (*Panthera onca*), Ocelote (*Leopardus pardalis*), Tigrillo (*Leopardus wiedii*), Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) especie en categoría de **Peligro de extinción** y especies como Nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*), Tayra (*Eira barbara*), Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), especies en categoría de **Amenazadas**, por lo que es necesario establecer alternativas en campo en conjunto con los ingenieros para que al menos en estos sitios se mejore el paso de fauna con estructuras específicas y no sólo se contemple la señalética que ayuden a contrarrestar el impacto de las modificaciones de su hábitat.

**Corredores sin cambios de estructuras por topografía.** Se obtuvieron 31 corredores que no presentaran alguna estructura, debido a la topografía, ya que presentaran cortes altos y que no va a permitir hacer otro tipo de acción, pero analizando con la planta del proyecto, estos corredores van a estar asociados a obras cercanas que van a sufrir alguna transformación ya sea una construcción, ampliación, modificación y todos los puentes y viaductos planteados en el proyecto, que ayudaran a la conectividad y desplazamiento de la fauna silvestre (Ver anexo Corredores y pasos de Fauna).

Tabla IV.28 Lista de totales de corredores de fauna en relación con su intercepción en el eje del proyecto, sitios con registro de fauna y sitios con obras.

Actividades a Ejecutar	No. Corredores	Intercepciones en el eje	Sitios con registros de fauna	Sitios con obras	Descripción
Construcción	7	8	7	7	1) El terreno presentara las características adecuadas para su realización. 2) Las especies registradas están incluidas en una categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010). 3) Presencia de especies de talla grande y mediana, que tienen amplia distribución.
Ampliación	4	4	4	4	1) Registros de campos asociados a obras de la planta que no son adecuadas para mantener su conectividad y desplazamiento. 2) El terreno permite la ampliación de esta obra.
Modificación	47	53	47	47	1) Registros de campos asociados a obras de la planta que no son adecuadas para mantener su conectividad y desplazamiento. 2) El terreno permite la modificación de esta obra.
Señalética	20	22	23	23	Sitios con registro de fauna que por características topográficas no es posible la colocación de pasos de fauna específicos.
Sin Cambio por Topografía	33	33	34	0	1) Sitios con cortes altos que no permiten hacer ningún tipo de acción. 2) Se asocian a corredores cercanos con algún tipo de transformación.
Resueltos	55	62	62	53	Sitios con las estructuras adecuadas como pasos de fauna por lo que no requieren ninguna transformación.
Áreas Prioritarias	2	-	2	0	Mantener vigilancia ambiental antes, durante y después de la ejecución de la obra.
	168	182	179	134	

En la tabla anterior también se muestran sitios nombrados **Áreas Prioritarias**, las cuales corresponden al Río Tehuantepec y al Cerro Coyul.

Por otro lado, se realizó el conteo del número de corredores que coinciden con las obras hidráulicas consideradas para la construcción del proyecto, en la cual se obtuvo que el 15.48% de los corredores no tienen ninguna obra hidráulica asociada o no se pueden realizar modificaciones.

El 12.33% de los corredores, tienen tubos de concreto asociados, pero estos debido a las especies de fauna registradas (medianas y grandes) no son suficientes para que permitan el paso o cruce exitoso de la fauna. Además, estas obras hidráulicas en la mayoría de los casos, son colocadas con una cierta inclinación que limita el uso para la fauna, es por ello, que se tiene que considerar la modificación de dichos tubos a cajas, bóvedas o ampliar sus dimensiones para aumentar la permeabilidad del proyecto y libre tránsito de la fauna silvestre.

El 11.32% de los corredores coincide con sitios de construcción de estructuras mayores (puentes y viaductos), cabe resaltar que todos los puentes y viaductos son considerados pasos de fauna o “Puentes verdes” si se llevan a cabo acciones de restauración a los costados del cauce, lo cual

mejorará las condiciones ambientales una vez construido el puente o viaducto. La restauración incentiva a que la fauna utilice estos sitios para el cruce exitoso al otro lado de la carretera (Tabla IV.29.). Cabe señalar que si se realizan todas las modificaciones, ampliaciones y construcciones aquí mencionadas, estas representarán el 30.33% de obras adecuadas para el paso de fauna silvestre.

Tabla IV.29 Número de corredores validados que coincide con obras hidráulicas del proyecto.

OBRAS	NÚMERO DE CORREDORES	%
Tubo	47	12.33
Losa	3	0.79
Viaducto	8	2.16
Puente	36	11.32
Caja	3	0.94
Bóveda	10	2.62
Ninguna	59	15.48

En resumen, del total de corredores potenciales que se verificaron en campo de acuerdo al proyecto, el 79.17% (133) tendrán alguna medida de mitigación (ampliación, construcción, modificación y señalética), el 1.19% (2) tendrán vigilancia ambiental por ser sitios prioritarios para conservación Cerro Coyul y Río Tehuantepec, y 19.64% (33) no tendrán alguna medida de pasos de fauna por la topografía del terreno, sin embargo en estos sitios se considera la compensación con obras cercanas a modificar o adecuar e inclusive, con la construcción de nuevas obras. *Los anteriores requerimientos, tienen base científica en el sentido de que se ha evaluado que los pasos de fauna más exitosos son las obras hidráulicas que son modificadas o adecuadas para paso de fauna, en comparación con proyectos en donde no se colocan ni se modifican obras de drenaje. El tamaño y la forma de una particular estructura es determinante para que existan cruces exitosos de fauna.*

### Aves

El número de probables ocurrencias de es de 266 especies, de las cuales 37 están en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 26 son endémicas, 12 semiendémicas y 8 cuasiendémicas.

Fue el grupo con mayor número de especies registradas en campo, 73 especies, de las cuales 7 están en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Tres especies endémicas y tres cuasiendémicas. Destacan las especies de psitácidos y las rapaces, las cuales son especies consideradas especies vulnerables,

en particular la guacamaya verde (*Ara militaris*) que se encuentra en Peligro de extinción y considerada una especie prioritaria a nivel nacional.

Tabla IV.30 Especies de aves registradas en campo

ESPECIE	NOMBRE COMÚM	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical	-	-	Fotográfico
<i>Pandion haliaetus</i>	Gavilán pescador	-	-	Fotográfico
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Pr	-	Fotográfico
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Pr	-	Fotográfico
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Aguililla negra mayor	Pr	-	Fotográfico
<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Pr	-	Visual
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	-	-	Fotográfico - visual
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro	-	-	Fotográfico - visual
<i>Falco sparverius</i>	Halcón cernícalo	-	-	Fotográfico
<i>Anas crecca</i>	Cerceta aliverde	-	-	Fotográfico
<i>Amazilia violiceps</i>	Colibrí corona violeta	-	-	Fotográfico
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí gorjirrubí	-	-	Fotográfico
<i>Cynanthus sordidus</i>	Colibrí prieto	-	-	Visual
<i>Heliomaster constantii</i>	Picolargo coronioscuro	-	-	Visual
<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	-	-	Fotográfico
<i>Columbina inca</i>	Tórtola colilarga	-	-	Visual
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca	-	-	Fotográfico
<i>Megaceryle alcyon</i>	Martín pescador norteño	-	-	Fotográfico
<i>Momotus mexicanus</i>	Momoto coronicafé	-	Cuasiendémica	Fotográfico
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	-	-	Fotográfico
<i>Geococcyx velox</i>	Correcaminos	-	-	Visual
<i>Morococcyx erythropygus</i>	Cuco terrestre menor	-	-	Fotográfico
<i>Piaya cayana</i>	Cuco ardilla	-	-	Fotográfico
<i>Passerina leclancherii</i>	Colorín pecho naranja	-	Endémica	Fotográfico
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	-	-	Visual
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca hermosa cara blanca	-	-	Fotográfico
<i>Lepidocolaptes souleyetti</i>	Trepador dorsirrayado	-	-	Fotográfico



ESPECIE	NOMBRE COMÚM	NOM-059- SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
	menor			
<i>Coccothraustes abellei</i>	Picogruaso encapuchado	-	Cuasiendémica	Fotográfico
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos	-	-	Visual
<i>Tachycineta thalassina</i>	golondrina cariblanca	-	-	Fotográfico
<i>Cacicus melanicterus</i>	Cacique mexicano	-	Cuasiendémica	Fotográfico
<i>Icterus gularis</i>	Bolsero piquigruaso	-	-	Visual
<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero dorso rayado	-	-	Fotográfico
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	-	-	Visual
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	-	-	Fotográfico
<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle norteño	-	-	Auditivo
<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	-	-	Fotográfico
<i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	-	-	Fotográfico
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	-	-	Fotográfico
<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	-	-	Visual
<i>Myioborus pictus</i>	Chipe ala blanca	-	-	Fotográfico
<i>Vermivora celata</i>	Chipe celato	-	-	Fotográfico
<i>Vermivora ruficapilla</i>	Chipe de coronilla	-	-	Fotográfico
<i>Wilsonia canadensis</i>	Chipe de collar	-	-	Fotográfico
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	-	-	Fotográfico
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	-	Exótico invasor	Fotográfico
<i>Habia rubica</i>	Tángara hormiguera corona roja	-	-	Fotográfico
<i>Piranga bidentata</i>	Tángara dorso rayado	-	-	Fotográfico
<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara capucha roja	-	-	Fotográfico
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	-	-	Fotográfico
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara azuligrís	-	-	Fotográfico
<i>Thraupis abbas</i>	Tángara ala amarilla	-	-	Fotográfico
<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquero lampiño	-	-	Fotográfico
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Copetón gorjicenizo	-	-	Fotográfico
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis grande	-	-	Fotográfico
<i>Sayornis nigricans</i>	papamoscas negro	-	-	Fotográfico
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	papamoscas atigrado	-	-	Fotográfico
<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador	-	-	Fotográfico

ESPECIE	NOMBRE COMÚM	NOM-059- SEMARNAT-2010	ENDEMISMO	TIPO DE REGISTRO
<i>Ardea alba</i>	Garza grande	-	-	Fotográfico
<i>Ardea herodias</i>	Garzón cenizo	-	-	Visual
<i>Egretta thula</i>	Garza nívea	-	-	Visual
<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	-	-	Fotográfico
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero frentidorado	-	-	Fotográfico
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero arlequín	-	-	Auditivo y visual
<i>Picoides villosus</i>	Carpintero serrano	-	-	Fotográfico
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frentiblanco	Pr	-	Fotográfico
<i>Ara militaris</i>	Guacamaya verde	P	-	Fotográfico
<i>Aratinga canicularis</i>	Perico frente naranja	Pr	-	Auditivo
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café	-	-	Fotográfico
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario	-	-	Visual
<i>Trogon citreolus</i>	Trogón citrino	-	Endémica	Fotográfico
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Matraca nuca rufa	-	-	Fotográfico
<i>Turdus rufopalliatu</i>	mirlo dorso rufo	-	Endémica	Fotográfico

P= Peligro de extinción A= Amenazada Pr=Sujeta a Protección Especial

▪ **Guacamaya verde (*A. militaris*)**

La guacamaya verde es una especie prioritaria para la conservación en México, se considera en Peligro de Extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010), lo cual se relaciona con sus características como su dieta especializada, bajas densidades, preferencia por sitios conservados, tasas de reproducción bajas, así como, la pérdida acelerada de su hábitat y el tráfico ilegal (Arizmendi, 2008). En Oaxaca solo se conoce una única población reproductiva, ésta se localiza en la Región de la Cañada (Arizmendi, 2008), por medio de su estudio se sabe que las guacamayas usan de manera diferencial el hábitat, escogiendo sitios muy específicos para su reproducción y para otras actividades como el forrajeo y el descanso (Arizmendi, 2008). Anidan colonialmente en cavidades tanto en árboles grandes vivos o muertos, así como en paredes verticales cársticas (Iñigo-Elias, 1999). Esta especie se alimenta principalmente de plantas incluyendo en su dieta frutos, semillas, hojas, brotes y tallos. Se le puede considerar con una dieta muy especializada ya que se sabe que consume solo entre el 10 y 23 % de los recursos vegetales que se encuentran disponibles (Iñigo-Elias, 1999).

Dentro del AI se avistó un grupo de 38 individuos de *A. militaris* y dentro del SAR se ha observado en diferentes sitios forrajeando y perchando (incluyendo las orillas del río Tehuantepec), además se ha identificado como sitio de descanso (donde pasan la noche) y probable reproducción el

Cerro Coyul, el cual se encuentra frente al trazo (separado por el río) aproximadamente en el km 126+000.

Hasta el momento no se cuenta con información exacta acerca de los sitios y rutas en los cuales desarrolla sus actividades o de los movimientos que realiza. Tampoco se sabe el número de individuos totales que componen la población. Generar esta información resulta de vital importancia para realizar un seguimiento acerca de los impactos de los trabajos de construcción y del funcionamiento de la carretera, así como de la eficacia de las medidas de mitigación y acciones emergentes para evitar algún daño. Recordemos la situación delicada y la importancia a nivel nacional de esta especie, *Ara militaris*.

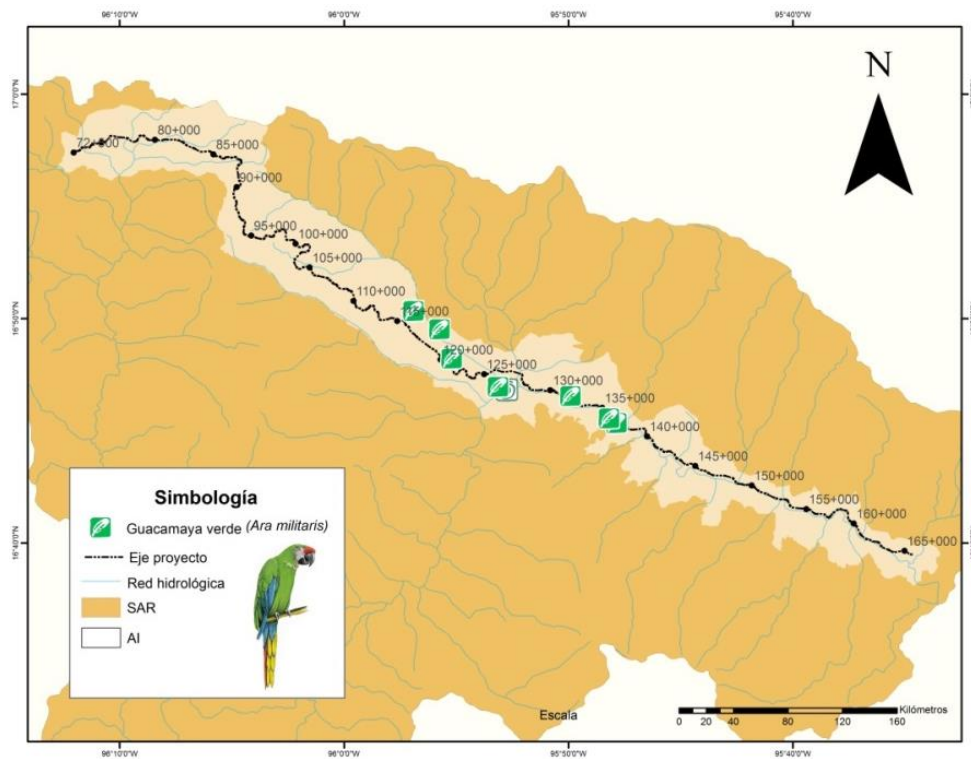


Imagen IV.64

Registros de guacamaya en campo.



Imagen IV.65 Guacamayas (*A. militaris*) fotografiadas dentro del AI, sobrevolando el sitio conocido como Mal Paso, km 117+800.



Imagen IV.66 Dos individuos de guacamaya verde (*A. militaris*) fotografiados perchando y forrajeando a orillas del río Tehuantepec paralelo al km 136+900 aprox.



Imagen IV.67 Cerro Coyul, dormitorio de guacamayas se encuentra frente al trazo, aproximadamente en el km 126+000

Durante todo el proyecto se deberá tener presente lo que la ley indica acerca de los psitácidos mexicanos y recordarle al personal que no pueden tenerse como mascotas y mucho menos cazarse:

El 14 de octubre se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto que reforma a la Ley General de Vida Silvestre y que prohíbe la captura de pericos y guacamayas de México. La nueva ley prohíbe el aprovechamiento extractivo con fines de subsistencia o comerciales y también prohíbe la exportación, importación o reexportación de estas especies nativas del país en su artículo 60 Bis 2.- señala:

*“Artículo 60 Bis 2.- Ningún ejemplar de ave correspondiente a la familia Psittacidae o psitácido, cuya distribución natural sea dentro del territorio nacional, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo con fines de subsistencia o comerciales”.*

## Conclusión sobre la Fauna silvestre

La construcción del tramo 2 de la obra carretera, generará un efecto barrera y afectará la densidad de especies de gran importancia por estar consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como especies endémicas, nativas y de importancia ecológica, ya que existirá una disminución y deterioro de los hábitats utilizados por la fauna donde cubren sus requisitos vitales, tales como su reproducción, alimentación y refugio.



La implementación de medidas de mitigación reducirá en gran parte los efectos que se generarán con la carretera, por lo que las medidas propuesta en este estudio son de gran importancia para la elaboración de la obra. Estas actividades hacen referencia a las medidas citadas en el Capítulo VI de la MIA-R, estas son: Acciones de Protección de Fauna (M31); Platicas de Educación Ambiental y Señalización (enfocadas a fauna (M32); Rescate y Reubicación de Fauna (M33); Acciones de Conservación de Especies Prioritarias y en Riesgo (en la Nom-059-SEMARNAT-2010) (M34), dentro de la cual se incluye el Monitoreo de felinos y sus presas (M34a), Monitoreo y medidas de protección para Guacamaya verde (*Ara militaris*) (M34b) y Monitoreo y medidas de protección para Nutria o perro de agua (*Lontra longicaudis*) (M34c) y la medida de Detección de Corredores Biológicos y Diseño y Ubicación de Pasos de Fauna (M35) la cual se acompaña de la Verificación de la funcionalidad de los Pasos de Fauna (M35a). Esta última medida tendrá como base el análisis de Corredores y Pasos de Fauna que se presenta en este documento.

Dentro de las especies focales que se detectaron en este monitoreo como son el *Ara militaris* (Guacamaya) y *Lontra longicaudis* (Nutria), las cuales son especies indicadoras de la buena calidad del hábitat, debido a que responden de una forma particular a los cambios en su ambiente (Mace et al., 2007). En el caso de *P. onca* es una especie sombrilla, su conservación confiere protección a un gran número de especies que cohabitan con ellas (Roberge y Angelstam, 2004). Debido a esto es necesario considerar las modificaciones, ampliaciones de obras y construcción de 10-15x3.5 metros en este escrito, tomando en cuenta los sitios en donde se registraron las especies focales de los diferentes grupos.

Se corroboró la presencia de 6 especies de felinos (Jaguar, Puma, Ocelote, Jaguarundi y Gato montés), de las cuales tres se encuentran en categoría de la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT,2010), principalmente se detectaron 12 sitios dentro del área de estudio algunos muy cercanos a los márgenes del Río Tehuantepec (cadenamientos 77+600, 128+870, 141+800, 88+200, 139+000, 141+700, 152+000, 147+500, 128+900, 150+300, 135+900, 122+700) y otros en el cerro Coyul. Debido a que estos animales tienen un ámbito hogareño muy amplio, es necesario que se haga la construcción y adecuación de todos los puentes, viaductos, obras hidráulicas y obras complementarias propuestas.

Por otro lado, en función de los monitoreo de nutria realizados se detectaron 24 sitios de relevancia para la especie identificados con base en la presencia de madrigueras, letrinas, mayor registro de huellas y pozas; la cercanía y ubicación de estos sitios permitió la agrupación de 6 tramos de mayor relevancia a lo largo del Río Tehuantepec que se encuentran entre los cadenamientos: 527+800 al 138+400; 143+100 al 144+500; 546+000 al 150+800; 152+500 al 154+500; 156+900 al 158+500; 159+500 al 162+400. Para estas zonas es necesario considerar mallas de retención, para contener los sedimentos que pudiesen caer al río durante la ejecución



de la obra, ya que esto afectaría en los recursos de la nutria, así como la estructura y composición del agua.

En cuanto a los monitoreo de guacamaya verde se observaron e identificaron sitios de forrajeo y descanso, algunos dentro del área de estudio (117+800) y otros muy cercanos a las orillas del Río Tehuantepec (km 136+900 aprox.) y el cerro Coyul. Este último sitio se encuentra frente al trazo (separado por el río) aproximadamente en el km 126+000. Además se debe considerar una estructura que bloquee el haz de luz, que pudiera perjudicar la permanencia de esta especie principalmente en la zona del cerro Coyul, y se debe considerar la realización de una compensación y rehabilitación en sitios adecuados y viables, con plantas arbóreas nativas con las que se alimentan las guacamayas. Esto último se pudiera hacer conociendo bibliográficamente el ámbito hogareño de las guacamayas, y con un buffer en la zona (partiendo del cerro Coyul), se buscaran sitios abiertos o con poca vegetación la cual se van a enriquecer con plantas arbóreas.

Por otro lado, se debe de tener en cuenta que todos los puentes y viaductos que se contemplan en la planta, se consideran como PASOS DE FAUNA, por lo que se deberá dar el mantenimiento adecuado, y restaurar las áreas afectadas en la construcción de estos. Además, durante la ejecución se deben valorar en campo las obras propuestas y si surgiera algún problema en la modificación, ampliación o construcción, es necesario considerar las dimensiones de las obras que se proponen independientemente de cual sea la estructura elegida.

Para finalizar, durante la ejecución y al término de la obra, se deben continuar los monitoreos de estas estructuras y de las especies relacionadas, para conocer su funcionalidad acorde a las especies a las cuales fueron destinadas, por lo que estas acciones deben de realizarsea mediano y largo plazo.

#### **IV.2.2.3 Biodiversidad**

Una vez caracterizada la vegetación en los apartados anteriores a continuación se valora la biodiversidad actual de la vegetación, haciendo un análisis de aquellas especies indicadoras de perturbación y conservación; así como los servicios que brindan al ambiente y a la fauna nativa. De igual forma se hace mención de aquellas especies que son más abundantes, y con esto evaluar si existirá una notable afectación por la inserción del proyecto.

De acuerdo con las características que actualmente presenta la vegetación se procedió a seleccionar a las especies indicadoras de perturbación y conservación conforme a su abundancia dentro de los terrenos forestales observados en las colindancias del proyecto; lo cual, sirve para determinar la capacidad que aún tiene la vegetación para soportar fauna silvestre y la proliferación de especies florísticas de interés ecológico.

Tabla IV.31 Especies florísticas indicadoras de perturbación

ESTRATIFICACIÓN VEGETAL	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN
Herbáceo	Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i>	BPE
Herbáceo	Solanaceae	<i>Solanum lesteri</i>	BPE y BEP
Arbóreo	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	VR
Herbáceo	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita argyrosperma</i>	BPE
Arbóreo	Fabaceae	<i>Acacia cochliacantha</i>	VR, SBC y SMSub
Arbustivo	Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	VR y BEP
Arbóreo	Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i>	BEP y BPE
Arbustivo	Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	BPE
Arbóreo	Fabaceae	<i>Senna wislizeni</i>	VR y SBC
Arbóreo	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	VR y SBC
Herbáceo	Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	SBC
Herbáceo	Lamiaceae	<i>Salvia cinnabarina</i>	BPE
Herbáceo	Lamiaceae	<i>Salvia gesneraeflora</i>	BPE y SBC
Herbáceo	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca octandra</i>	BPE
Herbáceo	Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>	BPE
Arbóreo	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	BPE
Arbustivo	Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	BPE
Arbóreo	Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	SBC
Arbustivo	Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i>	BPE y BEP
Herbáceo	Solanaceae	<i>Solanum pubigerum</i>	BPE y BEP
Herbáceo	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	BPE
Arbustivo	Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i>	VR
Herbáceo	Poaceae	<i>Melinis repens</i>	BPE
Herbáceo	Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	BPE
Herbáceo	Asteraceae	<i>Ageratina tomentella</i>	BPE
Herbáceo	Asteraceae	<i>Ageratum houstonianum</i>	BPE
Herbáceo	Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i>	BPE
Arbustivo	Asteraceae	<i>Vernonia conzatti</i>	BPE
Arbustivo	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	BPE y SBC
Herbáceo	Lamiaceae	<i>Salvia purpurea</i>	BPE
Herbáceo	Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i>	SBC
Arbóreo	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	BPE

Como se puede observar en la tabla anterior se consideraron aquellas especies que fueron más relevantes (abundantes) durante la visita de campo. Haciendo notar al estrato herbáceo como el más representativo ya que la mayoría de estas especies son oportunistas y presentan adaptaciones a los efectos antrópicos. Las especies arbustivas y arbóreas en conjunto llegan ser representativas, ya que se trata de especies de carácter secundario que se ven favorecidas por alguna presión antrópica ejercida en los terrenos forestales, además permiten saber en qué grado de alteración o fisonomía se encuentra la vegetación. Conforme a las especies anteriormente

enlistadas se puede concluir que la mayoría aun otorgan beneficios al ambiente y a la fauna silvestre ya que ofrecen principalmente comida y refugio.

Tabla IV.32 Especies vegetales indicadoras de conservación

ESTRATIFICACIÓN VEGETAL	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN
Arbóreo	Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i>	VR y SBC
Arbustivo	Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i>	SBC
Arbustivo	Asparagaceae	<i>Beaucarnea sp.</i>	SBC
Epifito	Bromeliaceae	<i>Tillandsia ionantha</i>	SBC
Epifito	Bromeliaceae	<i>Tillandsia makoyana</i>	SBC
Epifito	Bromeliaceae	<i>Tillandsia plumosa</i>	BPE y BEP
Epifito	Bromeliaceae	<i>Tillandsia polystachia</i>	BPE
Epifito	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	BPE y BEP
Arbóreo	Fagaceae	<i>Quercus glaucoides</i>	BEP
Arbóreo	Fagaceae	<i>Quercus magnoliifolia</i>	BEP
Arbóreo	Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i>	SBC
Epifito	Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>	BPE
Arbóreo	Bignoniaceae	<i>Astianthus viminalis</i>	VR
Arbóreo	Cactaceae	<i>Cephalocereus totalapensis</i>	SBC, SMSub y VR
Herbáceo	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	SBC
Herbáceo	Cactaceae	<i>Mammillaria albilanata</i>	SBC
Herbáceo	Cactaceae	<i>Mammillaria haageana</i>	SBC
Arbóreo	Cactaceae	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	SBC
Arbóreo	Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i>	SBC
Arbóreo	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	SBC
Arbóreo	Burseraceae	<i>Bursera sp.</i>	VR, SBC y SMSub
Arbóreo	Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	SBCM, SMSub y VR
Arbóreo	Cactaceae	<i>Cephalocereus leucocephalus</i>	VR y SBC
Herbáceo	Cactaceae	<i>Coryphantha sp.</i>	SBC
Herbáceo	Cactaceae	<i>Mammillaria nejapensis</i>	SBC
Herbáceo	Cactaceae	<i>Mammillaria sp.</i>	SBC
Arbóreo	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	VR
Herbáceo	Cactaceae	<i>Mammillaria duiformis</i>	BPE
Arbóreo	Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	SBC y VR
Arbóreo	Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i>	VR, SBC y SMSub
Arbóreo	Fabaceae	<i>Lysiloma divaricatum</i>	SBC y VR
Arbóreo	Fagaceae	<i>Quercus conspersa</i>	BEP
Arbóreo	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	BEP
Arbóreo	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	BEP
Arbóreo	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	SBC, SMSub y VR
Arbóreo	Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	SBC
Arbóreo	Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>	SMSub y VR
Arbóreo	Pinaceae	<i>Pinus chiapensis</i>	BEP y BPE
Arbóreo	Podocarpaceae	<i>Podocarpus matudae</i>	BPE
Epifito	Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	SBC

ESTRATIFICACIÓN VEGETAL	FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN
Herbáceo	Orchidaceae	<i>Prosthechea michuacana</i>	BPE

Estas especies indicadoras de conservación están comprendidas mayormente dentro del estrato arbóreo, ya que estas especies son de tallas medianas y grandes las cuales ofrecen un mayor beneficio al ambiente al ser capaces de retener una gran cantidad de humedad y aportar sostén y nutrientes al suelo. En sus copas son capaces de albergar especies epifitas; de igual forma proveen alimento y hábitat a diferentes clases de fauna silvestre. Por ultimo su presencia ayuda a caracterizar al tipo de vegetación y su condición actual.

De las especies identificadas en el eje troncal, tanto indicadoras de perturbación como de conservación ofrecen alimento a diferentes tipos de fauna silvestre, además de dotarles de un hábitat para su persistencia y conservación en la zona, de igual manera aportan retención de humedad (bosques templados), además del aporte de materia orgánica al suelo.

De las especies vegetales identificadas en campo, algunas de ellas sirven de alimento para la guacamaya verde (*Ara militaris*), ya que esta especie es muy específica tanto en su alimentación como en su ubicación, debido a su presencia se puede decir que el sitio de estudio se presenta conservado.

Tabla IV.33 Especies vegetales identificadas como alimento de la guacamaya verde

FAMILIA	ESPECIE
Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i>
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i>
Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>
Cactaceae	<i>Escontria chiotilla</i>
Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i>
Fabaceae	<i>Senna wislizeni</i>
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>
Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>

#### IV.2.2.4 Ecosistemas

El ecosistema es un complejo dinámico, tanto de los elementos físicos, bióticos y de los organismos vivos (flora y fauna) dentro de un área en la cual ellos toman forma y lo habitan; espacio que al ser alterado se provoca un desequilibrio en su funcionalidad y estructura.

El ecosistema presenta bajos grados de perturbación, ya que de la superficie del SAR solamente un 8.47% es la considerada como perturbada; la cual se ha generado por las diferentes actividades antropogénicas, tales como el cambio de uso de suelo de terrenos forestales a terrenos destinados

a la agricultura de temporal o de riego, cultivos de pastizales y a la generación de asentamientos humanos.

El bajo grado de perturbación observado en el SAR, se debe en gran medida a que tanto el estado de Oaxaca como la zona donde se ejecutara el proyecto, presentan un accidentado relieve, el cual corresponde en mayor superficie a una sierra alta compleja, donde no se ha llevado a cabo una mayor explotación de los recursos naturales para satisfacer las necesidades antropogénicas; lo que ha contribuido a que dentro del SAR, los principales ecosistemas que lo conforman son, la *Selva Seca*, dominada por la vegetación de Selva Baja Caducifolia (SBC) (35.12%) y el *Bosque Templado*, conformado en su mayoría por el tipo de vegetación Bosque de pino – encino (BPE) (31.86%); siendo la SBC la que presenta actualmente un estado de conservación primario.

En las partes altas de este sistema de serranías se encuentran los bosques de pino asociados con los bosques de encino, mientras que en la parte baja se presenta la selva, lo cual ocasiona que a pesar de la transición en los tipos de vegetación, existe una heterogeneidad de ambientes, lo que ha permitido la diversidad de especies vegetales y faunísticas.

En ciertas zonas del SAR se conserva una calidad ecológica funcional original, esto puede permitir que ante un impacto no significativo este se restablezca, sin embargo, debido a la tendencia de deterioro que se puede presentar a largo plazo debido a la inserción del proyecto, las funciones e interacciones de los ecosistemas sean alteradas de forma negativa, ocasionando un deterioro a la funcionalidad del sistema.

#### **IV.2.2.4.1 Ecosistemas sensibles**

La calidad de los ecosistemas se considera en la medida en que se mantienen los elementos y procesos geocológicos dentro de él, cuando un agente externo deteriora algún recurso o elemento, se modifica su estructura y los procesos que lo mantienen se ven afectados dando como resultado la reducción de la calidad ecológica y su funcionalidad.

Para determinar la calidad actual del ecosistema se utilizan como indicadores, el estado actual de la vegetación, presencia antrópica, procesos de degradación de suelos, la calidad del recurso hídrico y la explotación de los acuíferos.

Una de las características que presentan los ecosistemas sensibles es que muestran una elevada fragilidad y al ser perturbados, difícilmente se restablecen, dando lugar al desarrollo de asociaciones vegetales las cuales son consideradas como secundarias.

Dentro del SAR, se presentan distintos tipos de vegetación desde bosques con altitudes mayores hasta selvas bajas; de las cuales, solamente la Selva seca, representada en el sitio por la SBC, se



considera como ecosistema sensible ya que dentro del SAR es el tipo de vegetación que aún se presenta en estado primario.

Las selvas bajas caducifolias deben ser conservadas debido al alto grado de endemismos que en ellas se desarrollan, además de que fungen como hábitats; el uso irracional que se ha ejercido en la entidad es considerable, ya que gran parte de los terrenos que originalmente sustentaban este tipo de vegetación, actualmente presenta vegetación secundaria, donde dominan las plantas leñosas arbustivas y arbóreas, como resultado de la apertura de las tierras para la agricultura, y el pastoreo extensivo y desordenado que afecta al ecosistema.

La SBC observada en la zona de estudio presenta un grado de conservación alto, además de que presenta un suelo susceptible a erosión, una topografía fragmentada, siendo estos factores por los que se considera como un ecosistema sensible, en el cual se debe llevar a cabo la conservación de la biodiversidad existente en la zona además de mantener la integridad del ecosistema.



Imagen IV.68

En estas imágenes se muestra el estado actual de la Selva Baja Caducifolia, en diferentes cadenamientos del proyecto.



## Servicios ambientales

De acuerdo a la CONAFOR los servicios ambientales son aquellos que la gente recibe de los diferentes ecosistemas, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable, a nivel local, regional o global. En otras palabras, se define como el conjunto de condiciones y procesos naturales (incluyendo especies y géneros) que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia.

Los servicios que se pueden mencionar son: captación y filtración de agua, mitigación de los efectos del cambio climático, generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes, protección de la biodiversidad, retención de suelo, Refugio de fauna silvestre y belleza escénica entre otros.

De este modo, se presentan para este estudio los siguientes servicios ambientales:

### Captura de carbono

La mayor parte de los procesos productivos y actividades domésticas requieren del uso de energía derivada de combustibles fósiles. Esta combustión emite óxidos de carbono (principalmente CO<sub>2</sub>) y otros gases que contribuyen al calentamiento atmosférico global. Loa et al. (1996) señalan que este proceso ha aumentado 3.5 veces en los últimos 50 años y que la cantidad de estos gases en la atmósfera se ve incrementada como consecuencia del cambio de uso del suelo.

Es importante mencionar que los bosques y selvas capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca. El saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo que se le dé a la cobertura vegetal, así como de la edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta. Este servicio ambiental que proveen bosques o selvas como secuestradores de carbono (sumideros) permite equilibrar la concentración de este elemento, misma que se ve incrementada debido a las emisiones producto de la actividad humana.

El concepto de captura de carbono normalmente integra la idea de conservar los inventarios de este elemento que se encuentran en suelos, bosques y otro tipo de vegetación y donde es inminente su desaparición así como el aumento de los sumideros de carbono a través del establecimiento de plantaciones, sistemas agroforestales y la rehabilitación de bosques degradados (Tipper 2000), sólo por mencionar algunos ejemplos en los que la vegetación es usada como sumidero.

De este modo, a partir de los resultados que se establecen en el Instituto Nacional de Ecología, se presenta la estimación de este servicio ambiental que es la acción que tiene la vegetación de absorber el carbono disuelto en el aire e integrarlo a sus estructuras a captura de carbono.

La captura y el almacenamiento de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) tienen el potencial de reducir considerablemente la cantidad de  $\text{CO}_2$  liberada a la atmósfera, este se efectúa en los ecosistemas forestales mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo.

En otras palabras el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de la plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar la mayor parte de la estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse. El árbol crece y va incrementando su follaje, ramas, flores, frutos, yemas de crecimiento, que en conjunto forman la copa, así como altura y grosor del tronco. Por lo que la copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas dando lugar a una competencia entre las copas de los árboles por la energía solar, originando a su vez el dosel cerrados. Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, misma que al degradarse se incorporan paulatinamente y da origen al humus estable que, a su vez, aporta nuevamente  $\text{CO}_2$  al entorno, (Ordóñez, 1998 y 1999)

Simultáneamente los troncos al incrementar su diámetro y altura, alcanzan un tamaño que puede ser aprovechado con fines comerciales, por lo que se considera que estos productos tienen un tiempo de vida determinado, y se considera que al degradarse aportan carbono al suelo y  $\text{CO}_2$  producto de descomposición a la atmósfera. Por último, el carbono se encuentra almacenado en alguna estructura del árbol y hasta el fin del árbol este es remitido al suelo o la atmósfera es liberado.

Debido a lo anterior, la estimación precisa de la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques o selvas y la atmósfera, es uno de los problemas abiertos más importantes sobre la discusión del cambio climático. Además se considera la determinación precisa de las emisiones netas de los ecosistemas forestales, por las acciones de cambio de uso de suelo. Es difícil determinar una cantidad exacta, porque depende de factores físicos y biológicos relacionados con los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo, que destacan las características del relieve del terreno, las propiedades físicas y químicas del suelo, la disponibilidad de fuentes de agua, el estado y estructura de la vegetación.

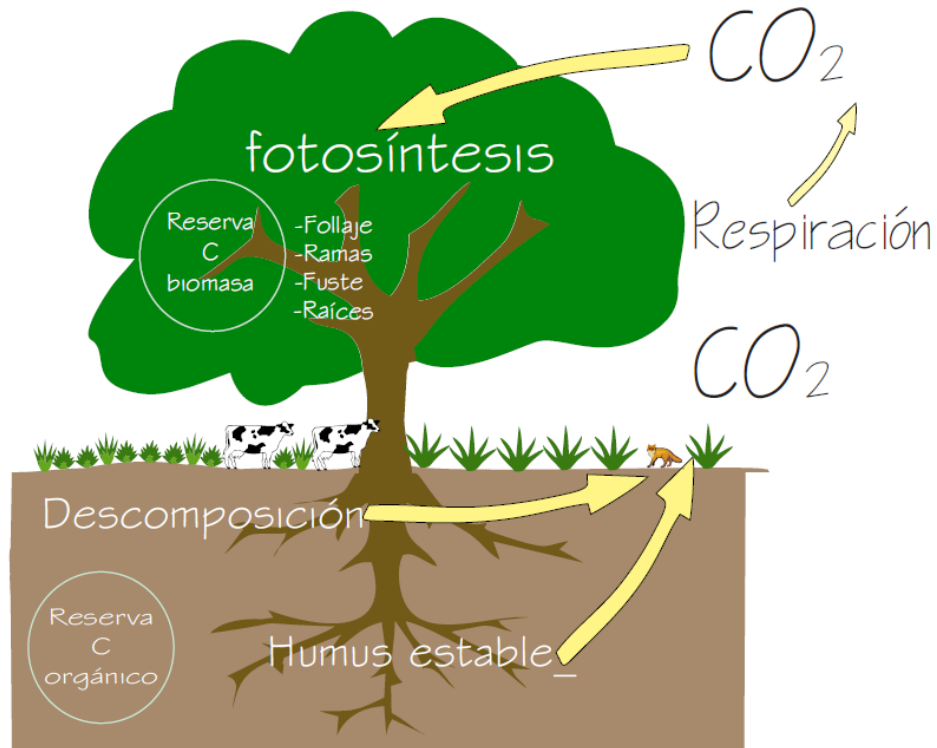


Imagen IV.69

Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de carbono

Es por ello que para estimar la captura unitaria de carbono se estima el carbono contenido en diferentes almacenes, estos son: Carbono contenido en la vegetación, Carbono contenido en la materia orgánica en descomposición, Carbono contenido en los suelos, Carbono contenido en productos forestales y carbono ahorra por no utilizar combustible fósiles. Lo que al final nos da como resultado la captura unitaria de carbono, que es igual al carbono total fijado (en Ton/ha), (Ordoñez et al, 2001)

A continuación se presentan los valores que suman la captura unitaria de carbono por tipo de vegetación de Masera y Ordóñez, 1997.

Tabla IV.34 Captura unitaria de carbono por opción de mitigación en bosques mexicanos (Masera et al, 1997)

Sitios de conservación	Carbono en la vegetación (Cv)	Carbono en veg. Aérea (Tc/ha)	Carbono en materia en desc. (Tc/ha)	Carbono en el suelo (Tc/ha)	Carbono en prod. (Tc/ha)	Carbono sustit. (Tc/ha/año)	Carbono total unitario (Tc/ha)	Secuestro neto de C	
								Alta(Tc/ha)	Baja (Tc/ha)
<b>Áreas naturales protegidas</b>									
Bosque de pino	56	43	4	109-120	n.d	n.d	169 - 180	86	50
Bosque de encino	39	30	3	30-120	n.d	n.d	72-162	69	33
Selva alta	44	120	20	66-115	n.d	n.d	230-279	173	113
Selva baja	68	42	7	30-100	n.d	n.d	104-174	87	57
<b>Bosques manejados</b>									
Bosque	97	74	8	109-120	9	n.d	222-233	134	98
Selva	44	120	20	66-115	9	n.d	239-279	182	148

De acuerdo a Massera et al, (1997) y el tipo de vegetación que se encontró para las diferentes superficies forestales del proyecto, se tomaron los valores de Áreas Naturales Protegidas de Bosque de pino, Bosque de encino y Selva baja.

Además de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología, las estimaciones del potencial de captura de Carbono para el estado de Oaxaca indican que dada la superficie y diversidad de especies que presentan sus áreas forestales, actualmente cuenta con un potencial **de 1,098,853 toneladas de CO<sub>2</sub>** por año para Bosques y **1,009,637 toneladas de CO<sub>2</sub>** para Selvas esto tomando en cuenta los tipos de vegetación que se presentan en el estado.

Tabla IV.35 Captura de carbono en el estado de Oaxaca

Entidad	Bosques	Selvas	Plantaciones	Total
Oaxaca	1,098,853	1,009,637	19,181	2,127,671

Por lo que, para la estimación de Captura de carbono, se consideraron las siguientes superficies forestales dentro del proyecto y se observa un tipo de vegetación correspondiente a selva baja caducifolia, bosque de pino-encino y bosque de encino – pino; por lo para el análisis respectivo se tomaran los valores necesarios para estos tipos de vegetación.

Tabla IV.36 Tipos de vegetación forestales y superficies presentes en los diferentes conceptos del proyecto.

Superficie de afectación total del proyecto por concepto (eje troncal)		
Tipo de vegetación	Superficie del eje troncal (ha)	Superficie de Infraestructura adicional (ha)
Selva baja caducifolia	210.08	16.16
Bosque de pino - encino	79.82	4.25
Bosque de encino - pino	30.31	1.17
Selva mediana subcaducifolia	0.45	
Superficie de afectación total del proyecto por concepto (excedentes)		
Tipo de vegetación	Superficie del eje troncal (ha)	Superficie de Infraestructura adicional (ha)
Selva baja caducifolia	83.15	12.97
Bosque de pino - encino	55.69	2.80
Bosque de encino - pino	27.60	1.17
Superficie de afectación total de obras provisionales y asociadas		
Tipo de vegetación	Superficie del eje troncal (ha)	
Selva baja caducifolia	97.53	
Bosque de pino - encino	29.49	
Bosque de encino - pino	4.12	

De acuerdo, a los valores escritos anteriormente, se presenta el reservorio de carbono que se encuentra en la vegetación a remover para el tipo de vegetación y en el suelo para dichas superficies, por último se presenta la captura de carbono unitaria en toneladas por año. Es importante mencionar que los valores presentados son estimados y no valores reales, por lo que se deberán de considerar todas las medidas de mitigación necesarias para los servicios ambientales.

Reservorio de Carbono Superficie de afectación total del proyecto (Eje troncal)				
Tipo de vegetación forestal	Superficie (Has)	Reservorio de Carbono en la vegetación a remover (tC)	Reservorio de Carbono en el suelo para dicha superficie (tC)	Carbono total unitario (Tc/ha)
Selva baja caducifolia	210.08	23108.8	13655.2	28,780.96
Bosque de encino - pino	30.31	2091.39	2273.25	3,546.27
Bosque de pino - encino	79.82	7902.18	9139.39	13,928.59
Selva mediana subcaducifolia	0.45	49.5	29.25	61.65
Total	320.66	33151.87	25097.09	46,317.47
Reservorio de Carbono Superficie de la infraestructura adicional (Eje troncal)				
Tipo de vegetación forestal	Superficie (Has)	Reservorio de Carbono en la vegetación a remover (tC)	Reservorio de Carbono en el suelo para dicha superficie (tC)	Carbono total unitario (Tc/ha)
Selva baja caducifolia	16.16	1777.6	1050.4	2,213.92
Bosque de encino - pino	30.31	2091.39	2273.25	3,546.27
Bosque de pino - encino	79.82	7902.18	9139.39	13,928.59
Total	126.29	11771.17	12463.04	19,688.78
Reservorio de Carbono Superficie de afectación total de excedentes (eje troncal)				
Tipo de vegetación forestal presente	Superficie (Has)	Reservorio de Carbono en la vegetación a remover (tC)	Reservorio de Carbono en el suelo para dicha superficie (tC)	Carbono total unitario (Tc/ha)
Selva baja caducifolia	83.15	9146.5	5404.75	11,391.55



Reservorio de Carbono Superficie de afectación total del proyecto (Eje troncal)				
Bosque de encino - pino	27.60	1904.4	2070	3,229.20
Bosque de pino - encino	55.69	5513.31	6376.505	9,717.91
Total	166.44	16564.21	13851.255	24,338.66
Reservorio de Carbono Superficie de afectación total de excedentes (infraestructura adicional)				
Tipo de vegetación forestal presente	Superficie (Has)	Reservorio de Carbono en la vegetación a remover (tC)	Reservorio de Carbono en el suelo para dicha superficie (tC)	Carbono total unitario (Tc/ha)
Selva baja caducifolia	12.97	1426.7	843.05	1,776.89
Bosque de encino - pino	1.17	80.73	87.75	136.89
Bosque de pino - encino	2.80	277.2	320.6	488.60
Total	16.94	1784.63	1251.4	2,402.38
Reservorio de Carbono Superficie de afectación total de excedentes (Obras provisionales y asociadas)				
Tipo de vegetación forestal presente	Superficie (Has)	Reservorio de Carbono en la vegetación a remover (tC)	Reservorio de Carbono en el suelo para dicha superficie (tC)	Carbono total unitario (Tc/ha)
Selva baja caducifolia	97.53	10728.3	6339.45	13,361.61
Bosque de encino - pino	29.49	2034.81	2211.75	3,450.33
Bosque de pino - encino	4.12	407.88	471.74	718.94
Total	131.14	13170.99	9022.94	17,530.88
Reservorio de Carbono Superficie de afectación total túneles				

Reservorio de Carbono Superficie de afectación total del proyecto (Eje troncal)				
Selva baja caducifolia	0.348	38.28	22.62	47.676
Bosque de encino - pino	1.008	69.552	75.6	117.936
Bosque de pino - encino	0.996	98.604	114.042	173.802
Total	2.352	206.436	212.262	339.414

### Infiltración

La clasificación de climas que se determinó en la descripción del capítulo cuatro de este estudio, se basa en la realizada por Köppen modificada por García (1987) y están presentes dentro del SAR 3 grupos de climas (A: cálidos, C: templados y B: secos), dentro de los cuales se enlistan 13 tipos de climas y el que se presenta en mayor proporción es el Semi seco muy cálido con lluvias en verano (BS1(h')w(w)) con el 19.87 por ciento.

Además de considerar lo anterior se tomaron los datos de normales climatológicas de la estación meteorológica 00020400 “Quiatoni” donde se determina una precipitación media anual de 760.2 milímetros y una temperatura de 17.9 grados centígrados para el análisis de Infiltración. Posteriormente para el presente análisis se realiza una clasificación de tipos de vegetación de acuerdo a lo siguiente: Selva baja caducifolia, Bosque de encino – pino y Bosque de pino – encino, para el tipo de vegetación riparia esta fue dividida por superficie de acuerdo a su asociación vegetativa, selva o bosque, por lo que dichas superficies fueron sumadas a los tipos de vegetación de selva baja caducifolia, bosque de encino – pino o bosque de pino - encino,

Debido a lo anterior se realizaron los cálculos de infiltración de acuerdo a la superficie por tipo de vegetación:

La lámina de precipitación media anual de 760.2 milímetros el volumen de agua que se precipita en cada superficie por tipo de vegetación es el siguiente:

Con base en la lámina de precipitación media anual, antes mencionada, el volumen de agua que se precipita en las superficies por tipo de vegetación, corresponde a:

<b>Características de las superficies por tipo de vegetación</b>				
	<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>Litros</b>
Superficie de afectación total del proyecto (eje troncal)	Selva baja caducifolia	210.08	1,597,070.18	1,597,070,176
	Bosque de encino - pino	30.31	230,422.68	230,422,682
	Bosque de pino - encino	79.82	606,807.60	606,807,604
Superficie de afectación (eje troncal – excedentes)	Selva baja caducifolia	83.15	632,122.93	632,122,930
	Bosque de encino - pino	27.60	209,820.72	209,820,720
	Bosque de pino - encino	55.69	423,366.5180	423,366,518.00
Superficie de afectación (infraestructura adicional del eje troncal)	Selva baja caducifolia	16.16	122,851.5520	122,851,552.00
	Bosque de encino - pino	1.17	8,894.5740	8,894,574.00
	Bosque de pino - encino	4.25	32,309.3500	32,309,350.00
Superficie de afectación (infraestructura adicional de excedentes)	Selva baja caducifolia	12.97	98,600.5340	98,600,534.00
	Bosque de encino - pino	1.17	8,894.5740	8,894,574.00
	Bosque de pino - encino	2.80	21,286.1600	21,286,160.00
Túneles	Selva baja caducifolia	0.996	7,571.7912	7,571,791.20
	Bosque de encino - pino	0.348	2,645.5656	2,645,565.60
	Bosque de pino - encino	1.008	7,663.0176	7,663,017.60

La metodología utilizada, fue la reportada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, Estadística del agua, 2007) para determinar la distribución del agua precipitada en las superficies con diferentes tipos de vegetación, en seguida se describe la siguiente expresión:

$$\text{Precipitación} = \text{Evapotranspiración (ETR)} + \text{Esguerrimiento (VEA)} + \text{Infiltración (I)}$$

### Evapotranspiración

Para determinar la evapotranspiración real (ETR) se utilizó la fórmula de Coutagne que se expresa como:

$$\text{ETR} = P - xP^2$$

Dónde:

ETR= evapotranspiración metros por año

P= precipitación en metros por año

$X = 1 / [0.8 + 0.14 (t)]$

t= temperatura °C (grados centígrados).

Precipitación promedio anual en la superficie P= 760.2 mm.

Temperatura promedio anual en la superficie t= 17.9°C.

### Estimación del coeficiente escurrimiento (Ce)

Para determinar el coeficiente de escurrimiento superficial en las superficies por tipo de vegetación se empleó el método establecido en la NOM-011-CNA-2000, el cual se desarrolla a continuación.

Según la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) los suelos del área de estudio se clasifican en tres tipos: A (suelos permeables), B (suelos medianamente permeables) y C (suelos casi impermeables), en tanto que los valores de K varían de acuerdo al tipo y uso de suelo.

El suelo de las áreas para los diferentes tipos de vegetación pertenece al tipo B ya que existe poca permeabilidad. Además se considera que el uso de suelo que presenta corresponde a bosque cubierto más del 75 por ciento, por lo tanto el valor de K es de 0.16

Tipo de suelo	Características
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	<b>Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los tipo A</b>
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

Uso del suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos			
En Hileras	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizal			

Uso del suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
<b>Por ciento (%) del suelo cubierto o pastoreo</b>			
Más del 75% - Poco -	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% - Regular -	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% - Excesivo -	0.24	0.28	0.30
<b>Bosque</b>			
Cubierto más del 75%	0.07	<b>0.16</b>	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
<b>Zonas urbanas</b>	0.26	0.29	0.32
<b>Caminos</b>	0.27	0.30	0.33
<b>Pradera permanente</b>	0.18	0.24	0.30

Coeficiente de escurrimiento anual (Ce)	K: Parámetro que depende del tipo y uso de suelo
$Ce = K (P-250) / 2000$	Si K resulta menor o igual que 0.15
$Ce = K (P-250) / 2000 + (K - 0.15) / 1.5$	Si K es mayor que 0.15

Dónde:

K: Parámetro que depende del tipo de uso de suelo

P: Precipitación media anual en milímetros

En función del valor de K= 0.16 se aplica la siguiente ecuación:

$$Ce = k * \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(k - 0.15)}{1.5}$$

Dónde:

P= 760.2 milímetros anuales

K= 0.16

De esta manera se obtiene un coeficiente de escurrimiento (Ce) para todos los 3 tipos de vegetación = 0.0475

### Escorrimento en las superficies por tipo de vegetació:

El volumen de escurrimiento natural anual (VEA) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$VEA= P \text{ [superficie de CUSTF (Ce)]}$$

Dónde:

P= precipitación anual en metros de la estación meteorológica

Superficie = superficie en metros cuadrados para estimar

Ce= coeficiente de escurrimiento (adimensional)

### Infiltración

Para calcular el volumen de agua captada en la superficie por tipo de vegetación para el proyecto se utilizó el método utilizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para determinar la disponibilidad de agua en los acuíferos de México, para el balance de agua superficial se aplicó la siguiente expresión:

$$I= \text{precipitación} - \text{evapotranspiración} - \text{escurrimiento}$$

Dónde:

I= infiltración en metros cúbicos por año

P= precipitación en metros cúbicos por año en la superficie

ETR= evapotranspiración en metros cúbicos por año en la superficie

Ve= volumen de escurrimiento en metros cúbicos al año

Los resultados del balance hidrológico se presentan a continuación por concepto de obra, eje troncal y sus excedentes, infraestructura adicional y sus excedentes, obras provisionales y asociadas y por último se presentan los resultados para la superficies de los túneles, ya que se contempla que la vegetación no será removida, sin embargo los procesos del balance hidrológico si se alterarán, reduciendo la infiltración.

Superficie de afectación total del eje troncal			
Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en			Selva baja caducifolia
		Superficie (ha)	210.08
Rubros	Cantidad por año	Porcentaje (%)	
Precipitación anual (m3)	1,597,070.18	100.00%	



<b>Superficie de afectación total del eje troncal</b>			
Evapotranspiración (m3)	1,229,821.33	77.00%	
Escurrimiento superficial (m3)	75,835.71	4.75%	
Infiltración (m3)	291,413.14	18.25%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de encino - pino</b>
		Superficie (ha)	30.31
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
Precipitación anual (m3)	230,422.68	100.00%	
Evapotranspiración (m3)	177,436.62	11.11%	
Escurrimiento superficial (m3)	10,941.45	0.69%	
Infiltración (m3)	42,044.61	2.63%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de pino - encino</b>
		Superficie (ha)	79.82
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
Precipitación anual (m3)	606,807.60	100.00%	
Evapotranspiración (m3)	467,271.22	29.26%	
Escurrimiento superficial (m3)	28,813.81	1.80%	
Infiltración (m3)	110,722.57	6.93%	

<b>Superficie de afectación total - Infraestructura adicional</b>			
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Selva baja caducifolia</b>
		Superficie (ha)	16.16
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	122,851.55	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	94,601.64	77.00%	
<b>Escurrimiento superficial (m3)</b>	5,833.52	4.75%	
<b>Infiltración (m3)</b>	22,416.40	18.25%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de encino - pino</b>

Superficie de afectación total - Infraestructura adicional			
		Superficie (ha)	1.17
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	8,894.57	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	6,849.25	5.58%	
<b>Escorrentamiento superficial (m3)</b>	422.35	0.34%	
<b>Infiltración (m3)</b>	1,622.97	1.32%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de pino - encino</b>
		Superficie (ha)	4.25
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>32,309.35</b>	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>24,879.76</b>	20.25%	
<b>Escorrentamiento superficial (m3)</b>	<b>1,534.19</b>	1.25%	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>5,895.40</b>	4.80%	

Superficie de afectación total del proyecto - eje troncal-excedentes			
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Selva baja caducifolia</b>
		Superficie (ha)	83.15
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	632,122.93	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	486,765.25	77.00%	
<b>Escorrentamiento superficial (m3)</b>	30,015.89	4.75%	
<b>Infiltración (m3)</b>	115,341.79	18.25%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de encino - pino</b>
		Superficie (ha)	27.60
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>209,820.72</b>	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>161,572.11</b>	25.56%	

<b>Superficie de afectación total del proyecto - eje troncal-excedentes</b>			
<b>Escurrimiento superficial (m3)</b>	<b>9,963.18</b>	1.58%	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>38,285.43</b>	6.06%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de pino - encino</b>
		Superficie (ha)	55.69
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>423,366.52</b>	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>326,012.71</b>	51.57%	
<b>Escurrimiento superficial (m3)</b>	<b>20,103.25</b>	3.18%	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>77,250.56</b>	12.22%	

<b>Superficie de afectación total del proyecto - Infraestructura adicional -excedentes</b>			
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Selva baja caducifolia</b>
		Superficie (ha)	12.97
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
Precipitación anual (m3)	98,600.53	100.00%	
Evapotranspiración (m3)	75,927.18	77.00%	
Escurrimiento superficial (m3)	4,681.97	4.75%	
Infiltración (m3)	17,991.38	18.25%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de encino - pino</b>
		Superficie (ha)	1.17
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
Precipitación anual (m3)	8,894.57	100.00%	
Evapotranspiración (m3)	6,849.25	6.95%	
Escurrimiento superficial (m3)	422.35	0.43%	
Infiltración (m3)	1,622.97	1.65%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de pino - encino</b>
		Superficie (ha)	2.80

Rubros	Cantidad por año	Porcentaje (%)	
Precipitación anual (m3)	21,286.16	100.00%	
Evapotranspiración (m3)	16,391.37	16.62%	
Escurrimiento superficial (m3)	1,010.76	1.03%	
Infiltración (m3)	3,884.03	3.94%	

<b>Superficie de afectación total Obras provisionales y asociadas</b>			
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Selva baja caducifolia</b>
		Superficie (ha)	97.53
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	741,442.57	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	570,946.66	77.00%	
<b>Escurrimiento superficial (m3)</b>	35,206.86	4.75%	
<b>Infiltración (m3)</b>	135,289.05	18.25%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de encino - pino</b>
		Superficie (ha)	4.12
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>31,321.06</b>	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>24,118.74</b>	3.25%	
<b>Escurrimiento superficial (m3)</b>	<b>1,487.26</b>	0.20%	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>5,715.07</b>	0.77%	
<b>Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en</b>			<b>Bosque de pino - encino</b>
		Superficie (ha)	29.49
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>224,188.88</b>	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>172,636.29</b>	23.28%	
<b>Escurrimiento superficial (m3)</b>	<b>10,645.44</b>	1.44%	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>40,907.15</b>	5.52%	

<b>Superficie de túneles</b>			
Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en			<b>Selva baja caducifolia</b>
		<b>Superficie (ha)</b>	0.996
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>7571.7912</b>	<b>100.00%</b>	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>5830.645675</b>	<b>77.00%</b>	
<b>Escorrentamiento superficial (m3)</b>	<b>359.5409525</b>	<b>4.75%</b>	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>1381.604573</b>	<b>18.25%</b>	
Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en			<b>Bosque de encino - pino</b>
		<b>Superficie (ha)</b>	0.348
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	<b>2,645.57</b>	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	<b>2,037.21</b>	26.91%	
<b>Escorrentamiento superficial (m3)</b>	<b>125.62</b>	1.66%	
<b>Infiltración (m3)</b>	<b>482.73</b>	6.38%	
Determinación del volumen de infiltración, en condiciones actuales en			<b>Bosque de pino - encino</b>
		<b>Superficie (ha)</b>	1.008
<b>Rubros</b>	<b>Cantidad por año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
<b>Precipitación anual (m3)</b>	7,663.02	100.00%	
<b>Evapotranspiración (m3)</b>	5,900.89	77.93%	
<b>Escorrentamiento superficial (m3)</b>	363.87	4.81%	
<b>Infiltración (m3)</b>	1,398.25	18.47%	

### Servicios ambientales de Flora

Dentro de los servicios ambientales, se encuentran aquellos que presentan una provisión como un recurso material, productos y bienes, en los que se encuentra el grupo de Flora, por lo que es importante considerar las propiedades que presentan cada una de las especies de flora reportadas en los muestreos que se realizaron en el Sistema Ambiental Regional.

Estos pueden ser:

- ✓ **Alimentos:** todos que se derivan de las plantas, los animales, los hongos y los microorganismos
- ✓ **Combustibles:** los derivados de los tejidos leñosos y lignificados de las plantas las excretas de los animales y los gases inflamables producto de la descomposición
- ✓ **Fibras y pieles:** para vestimento, techos, redes, etc.(plantas: algodón, ixtle, lechuguilla; animales: venado, conejo, gusano de sed)
- ✓ **Plantas y compuestos medicinales y herbolaria:** productos y subproductos de origen natural utilizados en el tratamiento de enfermedades
- ✓ **Recursos genéticos:** Derivados de la flora, fauna, hongos y microorganismos microorganismos de origen natural, semi domesticados o domesticados, para el mejoramiento de productos alimenticios, farmacéuticos y ornamentales para uso en la elaboración de artesanías, para la producción de compuestos químicos, biorremediación, etc.
- ✓ **Materiales:** materiales para la construcción Madera, hojas, tierra, arcilla, grava, etc.
- ✓ **Recursos ornamentales:** Plantas, animales, hongos y microorganismos, así como sus partes y derivados (flores, hojas, plumas, pieles, conchas, tintes, etc.)

Las especies observadas en el Sistema Ambiental Regional para los diferentes tipos de vegetación Bosque de Pino-Encino (**BPE**), Bosque de Encino-Pino (**BEP**), Selva Baja Caducifolia (**SBC**), Selva Mediana Subcaducifolia (**SMSub**) y Vegetación Riparia (**VR**) con sus diferentes asociaciones de selva o bosque, además de la vegetación Cultivada (\*) que presenta cuatro tipos de estrato: Arbóreo (**Ar**), Arbustivo (**Ab**), Herbáceo (**He**), Epífito (**Ep**), determinó lo siguiente para los servicios ambientales:

Se observaron 134 especies que pertenecen a 46 familias y en el estrato arbóreo se observó un mayor número de especies, 55, seguido del herbáceo con 37 y arbustivo con 32 especies, por último el estrato que reportó menos especies fue el epífito con 10 especies pertenecientes a las familias Bromeliaceae y Orchidaceae.

Del número de especies reportadas se identificó el servicio ambiental que presentan y se encontró que 21 por ciento de las especies son utilizadas para Ornato, sin embargo 17 por ciento pueden ser Medicinales y herbolaria o con fines de Construcción. Además, el valor Desconocido corresponde al 14 por ciento.



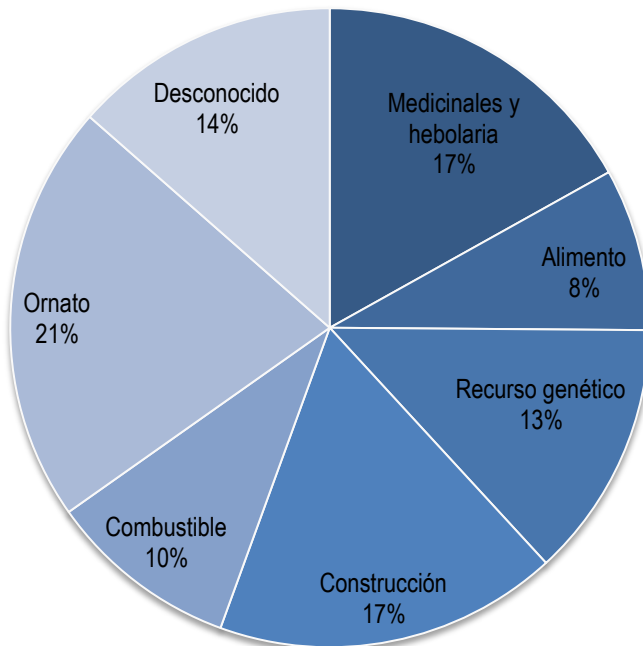


Imagen IV.70 Porcentaje de servicios ambientales que presentan las especies de Flora observadas en el SAR.

De este modo se determinó que de las 17 asociaciones de vegetación para los cinco tipos de vegetación presentan 102 especies observadas con servicios ambientales, 27 sin servicio ambiental y 5 de ellas que son utilizadas para el cultivo.

Tabla IV.37 Tipos de vegetación y especies observadas con servicios ambientales

Tipo de vegetación	Especies observadas con servicio ambiental	Tipo de servicios ambientales que presentan	Cantidad de servicios ambientales que presentan	Especie con servicio ambiental desconocido
BEP	6	Medicina y herbolaria/Recurso genético/Construcción/Combustible	4	0
BEP y BPE	4	Combustible/Construcción/Recurso genético/Medicinal y Herbolaria/ornato	5	0
BPE	32	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	6	8
BPE y BEP	2	Medicinales y herbolaria/Ornato	2	4

Tipo de vegetación	Especies observadas con servicio ambiental	Tipo de servicios ambientales que presentan	Cantidad de servicios ambientales que presentan	Especie con servicio ambiental desconocido
BPE y SBC	2	Recurso genético/Ornato	2	0
SBC	28	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	6	11
SBC y BPE	0			1
SBC y VR	5	Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	4	0
SBC, SMSub y VR	4	Medicinales y herbolaria/Recurso genético/Construcción/Ornato	4	0
SMSub y VR	1	Construcción	1	0
SMSub, SBC y VR	1	Medicinales y herbolaria/Recurso genético/Construcción/Ornato	4	0
SMSub, VR y SBC	1	Recursos genéticos/Ornato	2	0
VR	6	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	6	0
VR y BEP	1	Medicinales y herbolaria/Recurso genético/Combustible/Ornato	4	0
VR y SBC	7	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	6	1
VR y SMSub	0		0	1
VR, SBC y SMSub	2	Medicinales y herbolaria/Recurso genético/Construcción	3	1
<b>Especies totales</b>	<b>102</b>			<b>27</b>

Por último, se contempló la cantidad de servicios ambientales que se presentan por estrato y el que presentó un mayor número de especies con servicios ambientales es el Arbóreo, seguido del Herbáceo, Arbustivo y Epífita, por otro lado, se contemplaron aquellas especies que hasta el momento no se han registrado ningún servicio ambiental y es de 28 especies y la mayor parte de estas especies se encuentran en el estrato Epífita.

Tabla IV.38 .Servicios ambientales por estrato

Estrato	Servicios ambientales	Especies que dan Servicios ambientales	Especie con servicio ambiental desconocido	Tipos de vegetación
<b>Arbóreo (Ar)</b>	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	<b>50</b>	<b>5</b>	SBC; VR y SBC; SMSub, VR y SBC; BPE; SBC; VG; SBC, SMSub y VR;VR, SBC y SMSub; BEP; BEP y BPE; SBC y VR; SMSub y VR; VR y SMSub
<b>Arbustivo (Ab)</b>	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Construcción/Combustible/Ornato	<b>24</b>	<b>8</b>	BPE; SBC; VR; SBC y VR; BPE y SBC; VR y BEP; SMSub, SBC y VR; VR y SBC; BPE y BEP
<b>Herbáceo (He)</b>	Medicinales y herbolaria/Alimento /Recurso genético/Ornato	<b>29</b>	<b>8</b>	BPE; VR; SBC y VR; SBC; BPE y SBC; BPE y BEP; SBC y BPE
<b>Epífita (Ep)</b>	Ornato	<b>3</b>	<b>7</b>	BPE; SBC; BPE y BEP

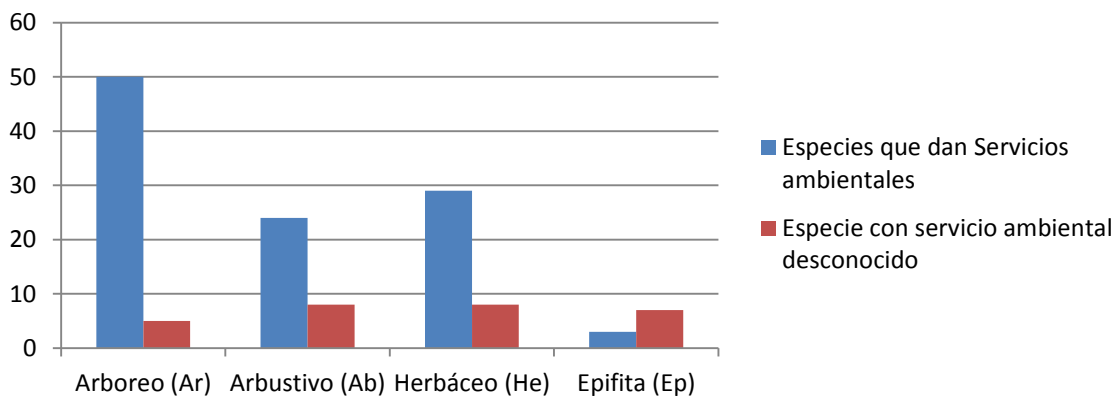


Imagen IV.71 Especies observadas con y sin servicios ambientales por estrato.

Nota: Todos los cálculos sobre los servicios ambientales se incluyen en anexo digital

### IV.2.3 Medio socioeconómico

La división política de Oaxaca se considera una de las más complicadas del país, es el estado con mayor número de municipios (570), los cuales forman casi el 25% de los existentes en la República; se divide en ocho Regiones, tiene 30 distritos y alrededor de 1,622 comunidades predominantemente indígenas en las que conviven más de 16 grupos culturales con tradiciones y costumbres distintas entre sí (E-Local. 2012; Enciclopedia de los Municipios de México, 2012).

A nivel del SAR, el proyecto se ubica en 29 municipios, 12 localidades urbanas y 174 localidades rurales. Los Municipios del Área de Influencia (AI) donde se ubica el proyecto se encuentran en 4 regiones Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra Sur e Istmo), 4 distritos, 13 municipios, 34 localidades rurales y una localidad urbana.

Tabla IV.39 Ubicación Política del Área de Influencia.

REGIÓN	DISTRITO	MUNICIPIO	LOCALIDAD RURAL O URBANA	
5 Sierra Norte	014 Mixe	337 San Pedro y San Pablo Ayutla	Rancho el Magueyal	El Zacatal
			Tierra Blanca	Cerro Pelón
		517 Santo Domingo Tepuxtepec	Cerro Alto	Playa Cerro
			Floresta	Cerro Ídolo
			Colonia Minas (El Ciruelo)	Loma Ídolo
			Santo Domingo Tepuxtepec**	Llano Crucero
			Loma Larga	Cerro Costoche
			El Ocotál	Tierra blanca
			Colonia Minas	Cerro Culebra
			Llano Panela	Llano Laguna
			Proyecto Cerro Quinientos Cincuenta y Dos	Siete Cruces
			Tierra Blanca las Peñas	Cerro Pascle
			Llano Palma	Loma Linda
			Rancho encinal	-
435 Santa María Tepantlali	-	-		
8 Valles Centrales	020 Tlacolula	226 San Lorenzo Albarradas	-	-
		298 San Pablo Villa de Mitla	Santa María Albarradas	
		506 Santo Domingo Albarradas	-	-
		194 San Juan del Río	-	-
		325 San Pedro Quiatoni	Tierra Blanca	Danigaree
			Cerro Culebra	Cerro León
			Río Lachiriega	Agua Caliente
San Pablo Lachiriega	-	-		
6 Sierra Sur	027 Yautepec	200 San Juan Juquila Mixes	Santo Domingo Narro	Guadalupe Lachiriega
		125 San Carlos Yautepec	-	-
		064 Nejapa de Madero	Lachixela	-
3 Istmo	028 Tehuantepec	470 Santiago Lachiguiri	Arroyo Frijol	Shilabala
		440 Santa María Totolapilla	-	-

REGIÓN	DISTRITO	MUNICIPIO	LOCALIDAD RURAL O URBANA
** Localidad urbana			
- No se detectaron localidades en el área del Área de Influencia para estos municipios.			



Imagen IV.72 Localidad urbana Santo Domingo Tepuxtepec, dentro del Área de Influencia.



Imagen IV.73 Se observan casas de Santa María Albarradas, del municipio San Pablo Villa de Mitla.



Imagen IV.74 Localidad de Santo Domingo Narro del municipio San Juan Juquila Mixes.

De la superficie total que abarcan los municipios en el Área de Influencia (40, 746.886 ha), Santa María Tepantlali y San Juan del Río en conjunto representan únicamente el 0.06% del AI; además, por no tener localidades ubicadas dentro del AI estas dos no se consideraron en el análisis de datos.

Tabla IV.40 Extensión y porcentaje de los municipios respecto al Área de Influencia.

SUPERFICIES DE LOS MUNICIPIOS RESPECTO AL ÁREA DE INFLUENCIA			
Estado	Municipio	Superficie dentro del Área de Influencia (ha)	% del AI
Oaxaca	San Pedro y San Pablo Ayutla	2308.6461	5.66
	Santo Domingo Tepuxtepec	7617.2358	18.68
	<i>*Santa María Tepantlali</i>	<i>25.4911</i>	<i>0.06</i>
	San Lorenzo Albarradas	896.3069	2.20
	San Pablo Villa de Mitla	781.2940	1.92
	Santo Domingo Albarradas	818.3261	2.01
	<i>*San Juan del Río</i>	<i>1.0701</i>	<i>0.0</i>
	San Pedro Quiatoni	7149.6352	17.53
	San Juan Juquila Mixes	6112.4259	14.99
	San Carlos Yautepec	7383.3821	18.10
	Nejapa de Madero	3504.2925	8.59
	Santiago Lachiguiri	2087.1710	5.12
	Santa María Totolapilla	2101.1977	5.15
<b>Superficie total del AI</b>		<b>40746.886</b>	<b>100</b>

\* Municipios que no se consideraron para el análisis de datos por abarcar una superficie baja y sin no presentar



SUPERFICIES DE LOS MUNICIPIOS RESPECTO AL ÁREA DE INFLUENCIA			
Estado	Municipio	Superficie dentro del Área de Influencia (ha)	% del AI
localidades a afectar dentro del Área de Influencia.			

#### IV.2.3.1 Densidad Poblacional y Tasas de Crecimiento

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 2010, en Oaxaca se encuentran 3, 801,962 habitantes (1, 819,008 hombres y 1, 982,954 mujeres) y es considerado uno de los estados con menor densidad de población con aproximadamente 40 habitantes/km<sup>2</sup> (INEGI, 2010). Los municipios con mayor densidad poblacional donde tendrá incidencia el Proyecto son: San Pablo Villa de Mitla y San Carlos Yautepec con menos de 12,000 habitantes en conjunto. El crecimiento poblacional en el periodo de 2005 a 2010 aumentó en prácticamente todos los municipios, en San Pedro y San Pablo Ayutla hubo una ampliación del 22.9%; en San Carlos Yautepec su población aumentó 16.5% y en particular se observa un incremento en Santo Domingo Tepuxtepec donde la población incrementó un 28.5%, lo cual representa un aumento significativo en la zona urbana o suburbana del AI. En los municipios de Nejapa de Madero, Santiago Lachiguiri y Santa María Totolapilla, en la última década (2000-2010) hubo una disminución en la población de las cuales, la más evidente es Santiago Lachiguiri donde más de 1500 personas han dejado la población.

Tabla IV.41 Población e indicadores de población dentro de los municipios del AI; se muestra la densidad poblacional del municipio (hab/km<sup>2</sup>) y el porcentaje respecto al Estado de Oaxaca (INEGI, 2010; SNIM, 2012).

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2000	POBLACIÓN 2010	INDICADORES DE POBLACIÓN	
			DENSIDAD (HAB/KM <sup>2</sup> ) 2010	% POBLACIÓN RESPECTO A OAX. 2010
San Pedro y San Pablo Ayutla	5504	5602	32.63	0.15
Santo Domingo Tepuxtepec	4004	5194	45.74	0.14
San Lorenzo Albarradas	2587	2708	20.14	0.07
San Pablo Villa de Mitla	10477	11825	42.17	0.31
Santo Domingo Albarradas	755	782	8.29	17.94
San Pedro Quiatoni	9570	10491	18.60	0.28
San Juan Juquila Mixes	3588	3924	12.42	0.10
San Carlos Yautepec	10882	11813	5.13	0.31
Nejapa de Madero	7607	7390	14.65	0.19
Santiago Lachiguiri	6336	4693	10.84	0.12
Santa María Totolapilla	1016	896	7.86	0.02

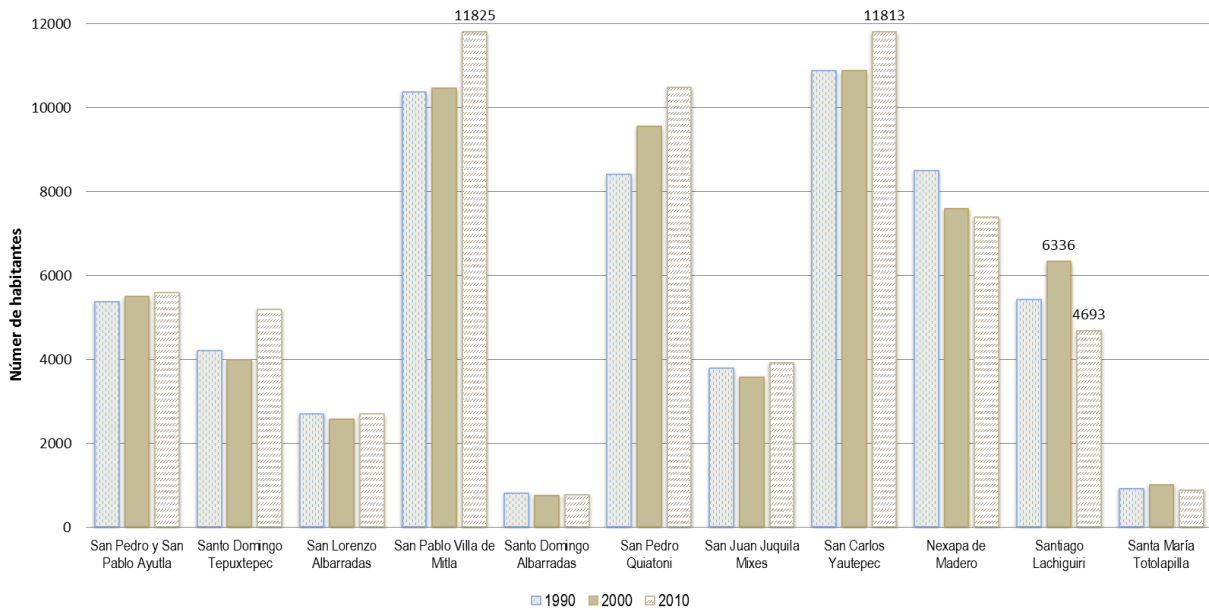


Imagen IV.75 Dinámica de población de los municipios que abarca el Proyecto.

Por otra parte, la mayoría de los municipios que inciden en el proyecto, incrementaron el número de localidades en los últimos 20 años. Uno de los municipios con menos localidades en el año 1990 era San Juan Juquila Mixes con sólo 4 comunidades, mientras que para el año 2010 reporta 13 comunidades, al igual que Nejapa de Madero que paso de 16 a 25; así mismo, el municipio con más localidades para el año 2010 es Santiago Lachiguiri con un total de 50 (SNIM, 2012). Respecto a la densidad de población, la mayor encontrada corresponde a Santo Domingo Tepuxtepec con 45.74 hab/km<sup>2</sup> y la menor concierne a San Carlos Yautepec con 5.13 habitantes/ km<sup>2</sup> (INEGI, 2010).

En cuanto a la tasa del crecimiento poblacional en un período de 25 años, se muestra que para el 2005 los municipios del AI tienen una tasa negativa, y sólo para la Región de Valles Centrales, en San Pablo Villa de Mitla y San Pedro Quiatoni el crecimiento es positivo.

Tabla IV.42 Tasas de crecimiento a lo largo de 25 años reportados hasta el año 2005. Fuente SNIM, 2005.

TASAS DE CRECIMIENTO DE LOS MUNICIPIOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA				
Municipios	80-90	90-95	95-2000	2000-2005
San Pedro y San Pablo Ayutla	3.02%	-2.41%	2.91%	-4.73%
Santo Domingo Tepuxtepec	13.17%	-8.45%	8.11%	-1.49%
San Lorenzo Albarradas	0.23%	-1.41%	0.49%	-0.86%

TASAS DE CRECIMIENTO DE LOS MUNICIPIOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA				
Municipios	80-90	90-95	95-2000	2000-2005
San Pablo Villa de Mitla	3.63 %	0.51%	-0.31%	1.37%
Santo Domingo Albarradas	-6.11%	0.17%	-1.80%	-0.21%
San Pedro Quiatoni	1.68%	-0.93%	3.55%	0.52%
San Juan Juquila Mixes	-1.86%	-1.49%	0.40%	-0.17%
San Carlos Yautepec	0.50%	0.17%	-0.19%	-1.95%
Nexapa de Madero	3.79%	-1.37%	-0.82%	-0.86%
Santiago Lachiguiri	-0.43%	1.59%	1.52%	-7.19%
Santa María Totolapilla	-3.12%	3.66%	-1.78%	-2.87%

### Población Indígena

Una de las características de la población oaxaqueña es su variedad lingüística; se distinguen 16 lenguas nativas bien clasificadas que dan origen a los grupos étnicos, un ejemplo es el distrito Mixe, integrado por 17 municipios, que se incorporan a la vida actual, hablan su lengua materna y algunos también el español. Dentro del área de influencia más del 50% de los municipios tienen poblaciones indígenas, lo cual se refuerza con las distintas lenguas que hablan en los mismos.

Tabla IV.43 Principales lenguas habladas en los municipios que abarca el AI. SNIM, 2005.

MUNICIPIO	% INDÍGENA/ MUNICIPIO 2000	MUNICIPIO	% INDÍGENA/ MUNICIPIO 2000
San Pedro y San Pablo Ayutla	83.97	San Juan Juquila Mixes	82.26
Santo Domingo Tepuxtepec	92.78	San Carlos Yautepec	42.61
San Lorenzo Albarradas	16.91	Nejapa de Madero	24.00
San Pablo Villa de Mitla	36.60	Santiago Lachiguiri	86.24
Santo Domingo Albarradas	81.92	Santa María Totolapilla	50.45
San Pedro Quiatoni	82.54	-	-

En el Estado de Oaxaca la distribución es de casi el 18% del total reportado de dialectos para México con 1, 203,150 personas que hablan lengua indígena (INEGI, 2010). En los municipios que abarca directamente el proyecto, las lenguas principales son el Zapoteco y Mixe (SNIM, 2010) como se observa en la siguiente gráfica.

**Principales Lenguas habladas dentro del Área de Influencia**

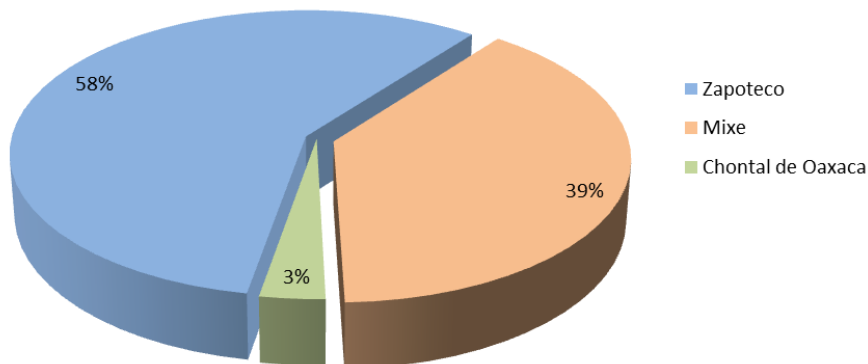


Imagen IV.76 Porcentaje de principales lenguas habladas en los municipios del AI.

Acorde al SNIM, 2005, en Santo Domingo Tepuxtepec casi el 93% de la población habla Mixe como primera lengua, al igual que en San Pedro y San Pablo Ayutla. Por su parte, en Santo Domingo Albarradas, San Pedro Quiatoni y Santiago Lachiguiri más del 80% de su población habla Zapoteco, por lo que el idioma deberá ser considerado al realizar las diferentes actividades que implica la obra.

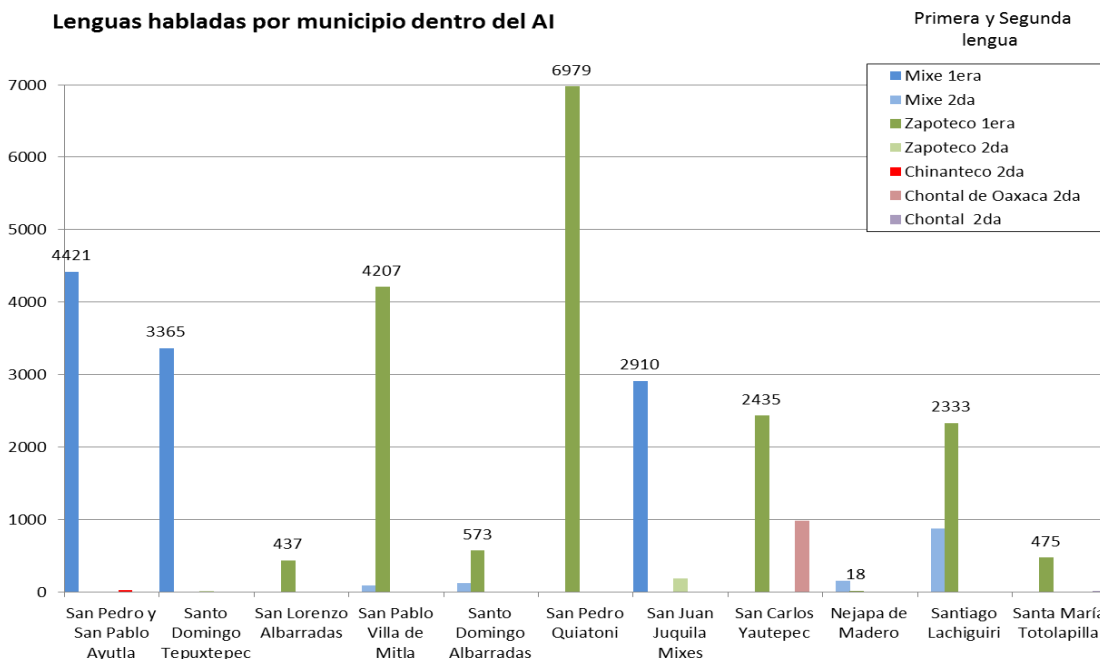


Imagen IV.77 Población hablante de lenguas indígenas dentro del AI, (Snim, 2005).

Uno de los ejes fundamentales que rigen la vida actual indígena de Oaxaca es la Asamblea General de Comuneros, considerada como el órgano máximo para la toma de decisiones sobre el rumbo de la población. En ella los integrantes se reconocen cara a cara como miembros de la comunidad, por lo que la vida política en las comunidades indígenas de Oaxaca está organizada a través del sistema de cargos<sup>1</sup> (Sipaz, 2012). Así mismo la ciudadanía toma participación en trabajos que la asamblea acuerda y ésta se da a través de tequios, fajinas o trabajos colectivos, para cumplir con las tareas de beneficio común.

Por otra parte siguen manteniendo adoraciones de sitios naturales considerados como espacios sagrados por los habitantes, principalmente cuevas, bosques, manantiales y montañas, elementos que constituyen el entorno natural y que están fuertemente arraigados en la cosmovisión de los habitantes.

#### IV.2.3.2 Actividad económica

##### Población económicamente activa

De acuerdo al Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), al año 2000 la Población Económicamente Activa (PEA) total del Estado de Oaxaca, era de 1, 076,829 personas, mientras que la población económicamente no activa fue de 1, 297, 849 personas distribuidas según en cuatro sectores de actividad económica, donde el Primario abarca actividades de agricultura, ganadería, caza y pesca, el cual ocupó un 41.09%. En los municipios del AI, donde más del 50% de la población económicamente activa, se enfocan en actividades del sector primario, (PROMÉXICO, 2012).

Tabla IV.44 Distribución de la población ocupada por sector de actividad económica en los municipios del Área de Influencia. Fuente INEGI, 2000.

% POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR SECTOR DE ACTIVIDAD				
Municipio	Tasa participación económica	Primario	Secundario	Terciario
San Pedro y San Pablo Ayutla	49.98	61.33	14.25	22.78
Santo Domingo Tepuxtepec	38.68	78.29	11.66	9.21
San Lorenzo Albarradas	41.39	64.94	21.91	9.96
San Pablo Villa de Mitla	48.16	21.16	43.17	34.62

<sup>1</sup>El Sistema de cargos dicta que todos los hombres desde la juventud, hasta la vejez, tienen la obligación de prestar un servicio periódico gratuito a su pueblo ocupando puestos dentro de la organización municipal. Por este sistema político, el 30 de Agosto de 1995, el Congreso del Estado aprobó una reforma al Código de Instituciones Políticas y Procedimientos Electorales de Oaxaca y en 1998 se promulgó la Ley de Derechos de los Pueblos y Comunidades Indígenas de Oaxaca, considerara la más avanzada del país en materia de derechos indígenas (SIPAZ, 2012).

% POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR SECTOR DE ACTIVIDAD				
Municipio	Tasa participación económica	Primario	Secundario	Terciario
Santo Domingo Albarradas	47.82	48.13	45.64	6.22
San Pedro Quiatoni	38.53	78.16	15.30	5.92
San Juan Juquila Mixes	45.85	69.12	14.93	13.84
San Carlos Yautepec	44.10	79.81	9.51	8.68
Nejapa de Madero	43.74	76.28	7.56	15.20
Santiago Lachiguri	57.39	91.12	2.10	6.22
Santa María Totolapilla	45.06	84.12	5.39	9.52
Primario (agricultura, ganadería y pesca)				
Secundario (minería, infraestructura manufacturera, energía eléctrica, agua y construcción)				
Terciario (comercio, transporte, esparcimiento y cultura, serv. profesionales)				

En promedio, en el 2005 el desempleo en estos municipios alcanzaba una tasa del 54.45%, con alta probabilidad de migración. Al involucrar gente de los diferentes municipios que abarca el trazo, podrá generar empleos temporales en el sitio durante las actividades de Preparación y Construcción. Por otra parte con mayor comunicación entre regiones al terminarse la carretera, se accederán a más sitios de trabajo, zonas o regiones del estado que actualmente tienen limitada comunicación.

#### IV.2.3.3 Principales Sectores, Productos y Servicios

A nivel estado y de regiones, la agricultura absorbe el 51.39% de la población ocupada; el maíz es el principal cultivo extensivo, además produce aproximadamente el 14% del total nacional de café. También se siembra frijol, trigo, caña de azúcar y agave y son superficies que corresponden a cultivos cíclicos y perennes. Las tierras temporales se ubican principalmente en las regiones de Valles Centrales, que producen maíz, frijol, sorgo, cacahuate, alfalfa e higuierilla; para la región del Istmo los cultivos son maíz, frijol, ajonjolí, sorgo, arroz y café. De estas regiones socioeconómicas que abarca el Tramo 2, en el Istmo de Tehuantepec se produce: limón, mango, tamarindo, coco, piña, naranja, sandía y melón; en la región de los Valles Centrales: aguacate, nopal tunero y manzana; la Sierra Sur produce: mango, aguacate, plátano, durazno, naranja, nopal tunero y papaya.

La ganadería, es un sector económico importante, en las regiones de Tuxtepec, Istmo y la Costa, destaca la cría del ganado bovino; el desarrollo del porcino es más representativo en las regiones Valles Centrales, Costa y Mixteca; los ovinos, caprinos, aves y guajolotes son más abundantes en las regiones Mixteca y Valles Centrales.

Respecto a la afluencia turística de los aproximadamente 278 atractivos del estado, el 7% corresponde a eventos que se concentran en los Valles Centrales y la Costa.



Tabla IV.45 Centros turísticos reportados para los municipios que abarca el AI. Fuente Enciclopedia de los Municipios de México-Oaxaca, 2012.

MUNICIPIO	CENTROS TURÍSTICOS
San Lorenzo Albarradas	Cascadas petrificadas "Hierve el Agua". No cuenta con plan de manejo especial para la conservación del sitio.
San Carlos Yautepec	Cuenta con presas pequeñas que funcionan como paradores paisajísticos.
Nejapa de Madero	Cuenta con un río grande que funciona como atractivo local.

### Corredores de carga (oferta y demanda)

En la entidad, los corredores de carga, aparecen en tramos como el de Oaxaca-Teotitlán, pasando por Cuicatlán; Tuxtepec–Matías Romero; Oaxaca–Jamiltepec; y una zona con desarrollo reciente que presenta un anillo de dos partes de los corredores: Oaxaca–Tuxtepec y Oaxaca- Salina Cruz, dicha zona se encuentra dentro de las regiones Valles Centrales y Sierra Norte, con influencia en la Región Papaloapan. Los corredores se presentan en la siguiente imagen:

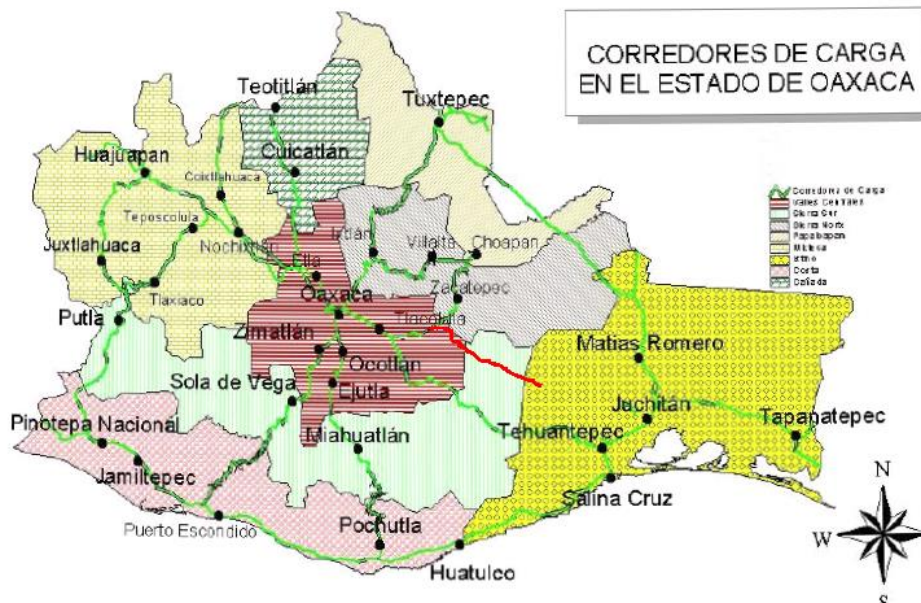


Imagen IV.78 Principales corredores de carga en Oaxaca de acuerdo con la Encuesta Origen- Destino realizada por Hernández et al, 2006. Al mapa original (Hernández et al, 2006), se le superpuso la ubicación de este proyecto, el cual se observa en color rojo. La Región Valles Centrales se muestra en color rojo con líneas horizontales.

El corredor con mayor flujo de vehículos de carga en Oaxaca es el que corre de Huajuapán a Salina Cruz debido a que en la región Istmo es el único que comunica al estado y el centro del país con Chiapas. Asimismo, el corredor Tuxtepec-Salina Cruz comunica a la región Istmo con Veracruz y el D. F., como vía alterna al uso del corredor Oaxaca-Tuxtepec.

En un análisis de movilidad se observa que la mayoría de los viajes interregionales que se inician en las regiones Sierra Norte, Mixteca, Sierra Sur y Costa tienen como destino la Región de Valles Centrales, por tanto si se comparan estos corredores con la nueva carretera a realizar, potencialmente se abrirán nuevas rutas de comercio que permitirán acercarse hacia la región Valles Centrales, destino que funciona como el centro de concentración de actividades político-económicas.

#### IV.2.3.4 Marginación

Existen varios estudios relacionados con la marginación y pobreza en el país, los cuales coinciden en que los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Veracruz e Hidalgo, son los que tienen el más alto nivel. En los municipios intervenidos, el registro de datos muestra que en los últimos 15 años, la población se ha mantenido en índices de marginación Alta y Muy alta; sólo el municipio de San Pablo Villa de Mitla reportó en los años 1990 y 2000 un índice Medio, sin embargo, para el año 2005 nuevamente se considera con una marginación Alta (SNIM, 2005).

Respecto al alfabetismo y primaria completa, en la mayoría de los municipios del AI, el índice de alfabetismo está por arriba del analfabetismo, sin embargo, el municipio Santo Domingo Tepuxtepec muestra un 60.24% de la población analfabeta, lo cual se ve reflejado en los bajos niveles de escolaridad primaria (13.36%) y secundaria (4.27%) reportados para el municipio. Caso contrario sucede con Nejapa de Madero, que presenta el 87.03% de su población como alfabeta. No obstante, el porcentaje de población con educación primaria y secundaria terminada, sólo para San Lorenzo Albarradas supera el 50%, y una educación a nivel básica, sólo el 30% (aprox.) de la población, tiene acceso.

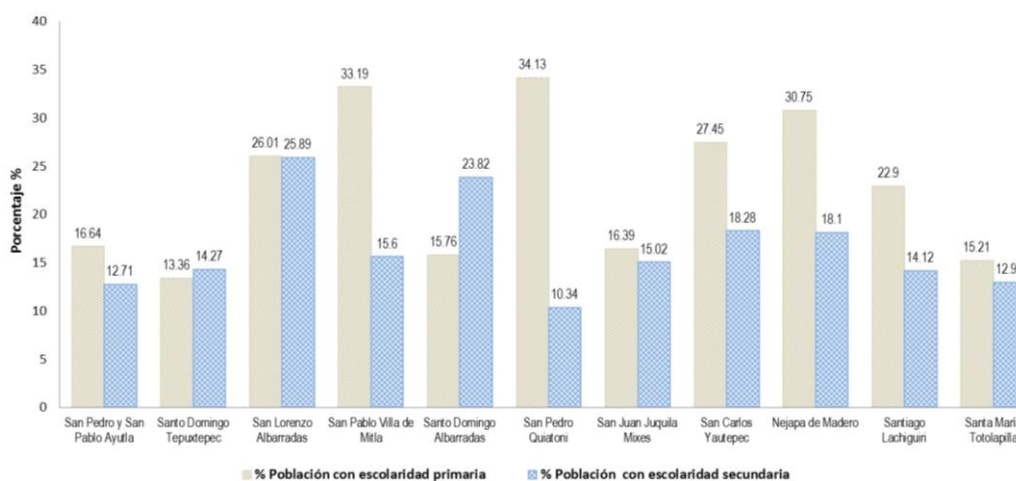


Imagen IV.79 Porcentaje de la población con escolaridad básica en los municipios que abarca el Área de Influencia.

Respecto a la educación destaca únicamente los municipios de San Pablo Villa de Mitla, San Carlos Yautepec, Nejapa de Madero y Santiago Lachiguiri, los cuales cuentan con escuelas a nivel medio – superior, el resto sólo presenta escuelas de nivel básico y medio.

#### IV.2.3.5 Educación, Vivienda y Servicios

Tabla IV.46 Servicios de vivienda con los que cuentan los municipios que abarca el AI. Fuente (SNIM, 2005).

MUNICIPIO	VIVIENDAS PARTICULARES	PISO DE TIERRA	AGUA, DRENAJE Y ELECTRICIDAD	SIN AGUA, DRENAJE Y ELECTRICIDAD
San Pedro y San Pablo Ayutla	1027	681	336	142
Santo Domingo Tepuxtepec	759	568	4	75
San Lorenzo Albarradas	599	183	362	6
San Pablo Villa de Mitla	2586	602	1327	34
Santo Domingo Albarradas	189	73	175	0
San Pedro Quiatoni	2060	1239	516	285
San Juan Juquila Mixes	875	705	145	12
San Carlos Yautepec	2068	1414	950	82
Nexapa de Madero	1706	594	1223	35
Santiago Lachiguiri	1111	446	618	83
Santa María Totolapilla	248	26	202	4

#### IV.2.3.6 Servicios de abastecimiento y de comunicación

El medio de abastecimiento de artículos esenciales para cada uno de los municipios, depende de mercados municipales como el de Ayutla, Mixe y el de Tlacolula de Matamoros, no obstante en los municipios existen misceláneas y pequeñas tiendas donde las comunidades pueden abastecerse.

Tabla IV.47 Medios de abasto de los municipios del AI. Fuente, Enciclopedia de los Municipios de México, 2012.

MUNICIPIO	MEDIOS DE ABASTO
Santo Domingo Tepuxtepec	En mercados municipales de Ayutla, Mixe y de Tlacolula. Sólo cuenta con un tianguis en el centro de la población.
San Lorenzo Albarradas	Existen misceláneas, se acude a Tlacolula de Matamoros o a San Pablo Villa de Mitla.
San Pablo Villa de Mitla	Mercado público, misceláneas y pequeñas misceláneas.
Santo Domingo Albarradas	En el mercado municipal y misceláneas. Los habitantes acuden también al mercado de Ayutla, Mixe y al de Tlacolula de Matamoros.
San Pedro Quiatoni	Tiendas comunitarias, también se acude al mercado regional de Tlacolula de Matamoros.
San Juan Juquila Mixes	Tienda comunitaria de abasto popular.
San Carlos Yautepec	Tienda comunitaria municipal.
Nexapa de Madero	Mercado municipal, misceláneas, y tianguis popular.
Santiago Lachiguiri	Tiendas CONASUPO y pequeñas tiendas de abarrotes.
Santa María Totolapilla	Abasto en Jalapa del Marqués o en Tehuantepec, Juchitán y Salina Cruz. Misceláneas que abastecen las necesidades de la comunidad.

En cuanto a los medios de comunicación y transporte con los que se cuentan en los municipios de interés.

Tabla IV.48 Medios de comunicación con los cuentan los municipios del AI. Enciclopedia de los Municipios de México, 2012.

MUNICIPIO	MEDIOS DE COMUNICACIÓN
San Pedro y San Pablo Ayutla	Radio y televisión, televisión por satélite y señal de internet.
Santo Domingo Tepuxtepec	Teléfono.
San Lorenzo Albarradas	Radio y televisión de Oaxaca, transporte público diario y una línea de autobuses y camionetas de transporte público eventual.
San Pablo Villa de Mitla	Radio y televisión regional de Oaxaca, teléfonos públicos y privados; oficinas de correos y telégrafos; además con una central camionera de segunda clase.
Santo Domingo Albarradas	Algunas señales de radio y televisión. Algunas líneas de transporte público.
San Juan Juquila Mixes	Radio y televisión de la región, teléfono celular satelital.
San Carlos Yautepec	Teléfono domiciliario, televisión nacional y por cable; radio servicio postal y telégrafos.
Nexapa de Madero	Radio y televisión nacional y por cable.
Santiago Lachiguiri	Telefonía rural, cassetas telefónicas.
Santa María Totolapilla	Radio y televisión a través de vía satélite.

#### IV.2.3.6 Vías de Comunicación

Acorde con los datos de INEGI en el año 2000, Oaxaca contaba con una longitud de red carretera federal de cuota de 234.3 km; la longitud carretera por tipo de camino comprende un total de 18 933.4 km<sup>2</sup>; así mismo, dispone de 6 aeropuertos y 102 aeródromos. Acorde a esta información, para las regiones que abarca el AI, los Valles Centrales son los que menos carreteras presentan.

Tabla IV.49 Longitud de la red carretera del Estado de Oaxaca por tipo de camino en kilómetros al 31 de diciembre de 2007.

REGIÓN	PAVIMENTADA	REVESTIDA	TERRACERÍA	TOTAL
Istmo	860.8	1 032.7	172.3	2 065.7
Sierra Norte	440.5	922.7	197.9	1 561.0
<i>Valles Centrales</i>	<i>716.8</i>	<i>No hay datos</i>	<i>136.0</i>	<i>852.8</i>
Totales	2018.1	1955.4	506.2	4479.5

La comunicación ente los municipios del Área de Influencia, es principalmente entre caminos que conectan a las diferentes rancherías del lugar, ya sea de terracería o revestidos, no obstante existen localidades que no tienen comunicación y que implican el transporte de recurso y personas a través de animales de carga. La comunicación con los principales centros de abastecimiento son los que presentan caminos revestidos que permiten el acceso a camionetas privadas que funcionan como transporte colectivo o autobuses de segunda para llegar a las distintas localidades del área.

#### Conectividad local esperada

El proyecto contempla 5 entronques que van hacia Santa María Albarradas, Santo Domingo Tepuxtepec, Santo Domingo Narro, Lachixila y Entronque Totolapilla. Los entronques con mayor número de poblaciones cercanas son el entronque Santo Domingo Tepuxtepec y el entronque Santa María Albarradas; el entronque Santo Domingo Narro conectará directamente a la localidad del mismo nombre y potencialmente a localidades más lejanas como son Soledad Salinas y Santa Ana Tavela que son centros de abastecimiento de la Región. En el caso de los entronques Lachixila y Totolapilla estos carecen de caminos de entronque y las localidades para las cuales están destinadas permitirán el paso a vías más rápidas de abastecimiento. La población ubicada en el rango de beneficio de los entronques, estadísticamente se considera que 10,797 personas se encuentran desempleadas, muchas de las cuales podrán obtener empleos temporales en las actividades del proyecto. Así mismo, una vez terminada la obra les permitirá comunicarse a sitios urbanos mayores con otro potencial laboral, de salud y académico.



Tabla IV.50 Entronques y localidades involucradas en el tramo carretero

ENTRONQUE	LOCALIDADES CERCANAS Y SU POBLACIÓN 2010		POBLACIÓN A BENEFICIAR DE FORMA DIRECTA*	EXISTENCIA DE CAMINO PARA ENTRONQUE
Santa María Albarradas (Imagen IV.80)	Santa María Albarradas	574	708	Si hay camino
	Rancho Magueyal	19		
	Tierra Blanca	26		
	El Zacatal	38		
	La Laguna	51		
Santo Domingo Tepuxtepec (Imagen IV.81)	Llano Crucero	441	2032	Si hay camino
	Playa Cerro	51		
	Tierra Blanca las Peñas	160		
	Santo Domingo Tepuxtepec (Urbana)	1380		
Santo Domingo Narro (Imagen IV.82)	Santo Domingo Narro	340	391 (sólo de comunidades cercanas)	Si hay camino
	Guadalupe Lachiriega	51		
	<i>Localidades lejanas como Soledad Salinas</i>	2716		
	<i>Santa Ana Tavela</i>	1011		
Lachixila (Imagen IV.83)	San Juan Lachixila	456	456	No hay caminos de entronque (la población más cercana está a 11 km lineales aprox.)
Totolapilla (Imagen IV.84)	Santa María Totolapilla	878	878	No hay caminos de entronque (la población más cercana está a 8km lineales aprox.)

Cálculos estimados acorde a la población reportada en el Censo de INEGI 2010.

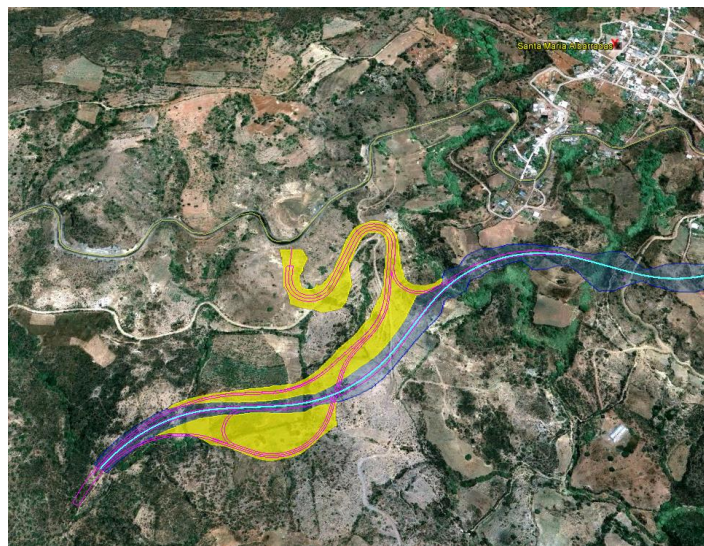


Imagen IV.80

Entronque Santa María Albarradas





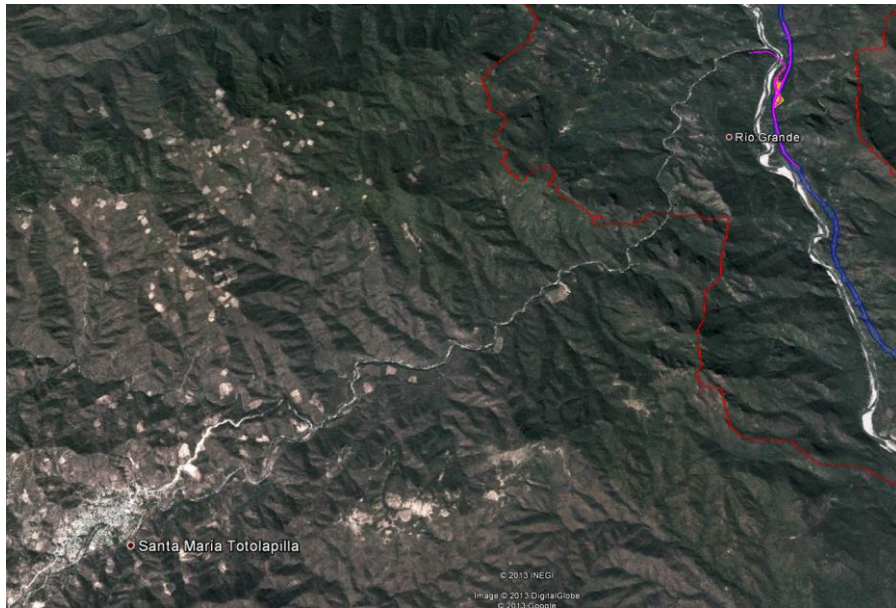
Imagen IV.81 Entronque Santo Domingo Tepuxtepec. El círculo muestra la zona Urbana de Santo Domingo Tepuxtepec.



Imagen IV.82 Entronque Santo Domingo Narro



Imagen IV.83 Entronque Lachixila. A la izquierda se muestra la gasa del entronque y a la derecha en un círculo se ubica la población San Juan Lachixila. Actualmente no hay caminos que conecten al entronque.





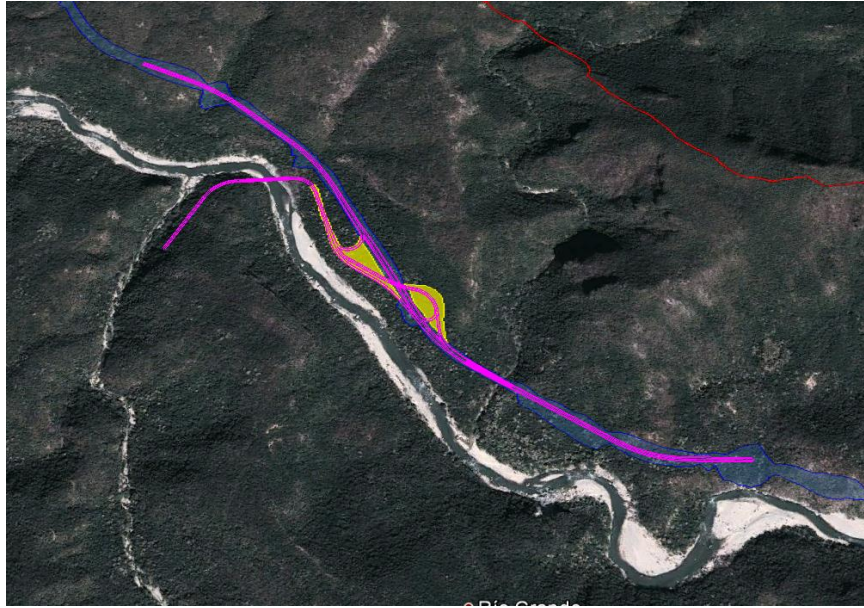


Imagen IV.84 Entronque Totolapilla. No presenta caminos de acceso a dicho entronque.

Acorde a esto, se espera que el Proyecto Mitla-Tehuantepec una a dos regiones económicas, Valles Centrales e Istmo, a través de las regiones Sierra Norte y Sierra Sur. La conectividad de las regiones de los extremos del proyecto beneficiará a los habitantes de ambas regiones, además del beneficio a nivel local en particular para las comunidades que se encuentren cercanas a los entronques.

El proyecto Mitla-Tehuantepec unirá las dos regiones económicas, Valles Centrales e Istmo, a través de las regiones Sierra Norte y Sierra Sur, siendo esta última donde se encuentra la mayor parte del proyecto. Se estima que la población de la región Istmo asciende a 560, 843 habitantes que potencialmente se podrán beneficiar con este proyecto, de los cuales el 74.06 % vive en 51 poblaciones urbanas, mientras que el restante 25.94% de la población vive en 1,301 localidades rurales. La región de los Valles Centrales presenta una población estimada de 798,580 habitantes de 133 poblaciones urbanas y 146,704 habitantes de 1,149 localidades rurales, que hacen un total de 945,284 habitantes (INEGI, 2010).

Por tanto si se considera la conectividad de los habitantes de las regiones Istmo, Sierra Sur y Sierra Norte con la región Valles Centrales, (tomando en cuenta la conectividad local por poblaciones ubicadas a 20 km de distancia, de acuerdo a un análisis de SIG) será de un aproximado de 624, 582 personas.

#### **IV.2.3.7 Salud**

Respecto a la salud, en el 2004, Oaxaca ocupó el primer lugar del país en materia de mortalidad con un 5.2 por 1000 habitantes. La tasa de mortalidad infantil en 2003 fue del 9.7 por mil nacidos vivos (INEGI, 2005), además de presentar altos índices de mortalidad materna, superiores en un 36.7% a la media nacional, debido a deficiencias en la atención médica y falta de acceso a los servicios de salud pública. Estos índices se ven reflejados en los municipios de la obra donde, el personal de asistencia médica y sistema de salud para los municipios del AI oscila únicamente entre el 0.013 y 0.21% del nivel estatal, e incluso el municipio de Santa María Totolapilla registra no tener personal médico. El municipio con mayor asistencia médica es San Carlos Yautepec y Nejapa de Madero con un total de 11 médicos registrados para el 2009.

#### **IV.2.3.8 Migración**

Aproximadamente 150,000 oaxaqueños emigran por año al Norte (Norte de México o EEUU). La región Mixteca presenta los índices más altos de migración en el Estado, con un incremento ininterrumpido desde el 1940, en tal grado que las remesas constituyen la tercera fuente de ingresos después del turismo y el café (SIPAZ, 2012). De los municipios que abarca el AI, San Pablo de Villa de Mitla, es el municipio que presenta mayor número de emigrantes, seguido de Nexapa de Madero, y San Carlos Yautepec (INEGI, 2010).

#### **IV.2.3.9 Grado de aceptación del proyecto**

En la zona se reportan varias localidades con aceptación con la carretera y entronques a realizar, como son Santo Domingo Tepuxtepec y Santo Domingo Narro. No obstante existen zonas donde se reporta inconformidad por la realización de la obra por afectación directa a infraestructura habitacional y de servicios, tal es el caso de comunidades del municipio Santo Domingo Tepuxtepec (en el km791+200 aproximadamente, comunidad “Llano Crucero”). Respecto a esto, se requieren mesas de diálogo para llegar a acuerdos y en caso de modificaciones se deberá atender las implicaciones legales y ambientales aplicables que deberán evaluarse ante las autoridades competentes, por lo que se requieren asambleas para llegar a acuerdos con la población.



Imagen IV.85 Cadenamiento 92+100 aprox. En color rojo se muestran algunos polígonos dentro del Área de la línea de ceros (línea verde) donde se ubican casas e inmobiliario que será afectado en la realización de la obra. El círculo amarillo muestra la ubicación de donde se tomó la siguiente fotografía.



Imagen IV.86

Imagen de la zona de afectación mostrada en la fotografía anterior.





Imagen IV.87 Cadenamiento del 92+600 al 93+000 aprox. Se observa el área de la línea de ceros en azul donde se observa la afectación a estructuras dentro de la comunidad Llano Crucero.



Imagen IV.88 Se muestran otros asentamientos a lo largo del proyecto cerca del km 93+900 aprox (izquierda) y a la derecha viviendas cercanas a la localidad Llano Laguna, municipio Santo Domingo Tepuxtepec, (km 97+400 aprox.)

#### IV.2.3.10 Áreas Voluntarias para la Conservación

La conservación puede tener el interés de comunidades y ejidos que se consideran otras modalidades como: Áreas Voluntariamente Destinadas a la Conservación o también llamadas certificadas, que son un mecanismo de conservación complementario al de las Áreas Naturales Protegidas por decreto, que ayuda a los propietarios de predios al establecimiento, administración y manejo de sus propias ANP destinadas voluntariamente para la conservación y permiten sumar hectáreas de resguardo a ecosistemas y especies. En este tipo de acciones, Oaxaca en la última década ha formalizado iniciativas de conservación voluntaria con respaldo legal, ocupando el primer lugar a nivel nacional, con un total de 106.289.11 Ha aprox. de áreas conservadas por iniciativa de sus propietarios, destacando en grupos étnicos, Chinantecos y Zapotecos, (Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable, 2010; Biósfera, 2011).



Esta actividad destaca en Oaxaca, por lo que el Instituto Nacional de Ecología de Oaxaca menciona que, *“la conservación de espacios naturales puede surgir a partir de otras disposiciones normativas en el manejo de los recursos naturales como son: los Programas de Manejo Forestal, el establecimiento de Estatutos Comunitarios o Reglamentos Agrarios y de estrategias productivas como la cafecultura tradicional, el manejo de la vegetación secundaria, etc. La suma de la superficie forestal protegida por medio de iniciativas comunitarias (67,916 ha), así como otros ejemplos de conservación no formales (47,742 ha) [...] totalizan poco más de 115 mil hectáreas, lo cual representa el 32% del total de la superficie protegida a través de instrumentos formales”*. Asimismo, Oaxaca, registra un alto ritmo de deterioro de sus recursos naturales (pérdida anual de 30 mil hectáreas de bosque y erosión en el 20% de su territorio), debido principalmente a la tala y al tráfico ilegal de madera, incendios forestales, depredación de especies protegidas de flora y fauna, a la expansión de la frontera agrícola, extracción de minerales y a la capitalización del agua dulce (Sipaz, 2012).

Respecto a esto Oaxaca dispone de una de las más grandes reservas tanto forestales como deselvas tropicales; por la cantidad de recursos con los que cuenta, ocupa el segundo lugar; por el volumen producido se ubica en el quinto lugar nacional (después de Chihuahua, Durango, Michoacán, y Chiapas); las áreas boscosas representan 42.5% del total de la entidad y 9% del nacional. Las actividades silvícolas encuentran problemas, como la falta de aplicación de normas, tala inmoderada, carencia de programas de reforestación, prevención de incendios, irregularidades en la tenencia, e insuficiencia de infraestructura (como caminos rurales de acceso a las zonas de explotación forestal). Respecto a esto es importante mencionar que grupos étnicos como mixes, zapotecos, chinantecos, chatinos, chontales, zoques y otros propietarios de los bosques se han organizado para proteger su medio. En 1992, la explotación silvícola produjo 158 millones de pesos, aportados mediante el trabajo de particulares, comunidades y ejidos; de los cuales, 74% fue aportado por comunidades, 25% por particulares y 1% por ejidos (Hernández *et al*, 2006).

#### **IV.2.3.11 Áreas de atención prioritaria (Zonas Arqueológicas)**

Uno de los lugares considerados como áreas de atención prioritaria son los sitios históricos y/o zonas arqueológicas. En el caso del Proyecto dentro del SAR, se encuentran sitios de interés arqueológico, verificado por la presencia de vestigios de este tipo en las cercanías del trazo. En este sentido, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) ha realizado las visitas e investigaciones pertinentes con el fin de realizar la determinación de la ubicación, extensión y valor histórico del sitio, lo cual se encuentra asentado dentro del oficio 3.4.104.-823 emitido por la Dirección General de Desarrollo Carretero, Dirección General Adjunta de Formulación de

Proyectos a través de la Coordinación de Proyectos para Prestación de Servicios, con fecha de 4 de Octubre de 2010 (ver anexos digitales del Capítulo III, Inciso B).

Una vez realizado el reconocimiento de las zonas arqueológicas en las cercanías al trazo, el INAH, procedió con la ejecución del “Salvamento Arqueológico”, en convenio con la SCT. Los resultados de esto fue la ejecución del rescate, ponderación y determinación de posibles afectaciones a estos sitios por la implementación del Proyecto en dos temporadas.

La primera se efectuó entre Agosto y Noviembre del año 2008, y abarcó sitios arqueológicos donde resalta el “Magueyal”; “Sitios Fortaleza” definidos en 3 sitios arqueológicos denominados “Aguascalientes/Quiavicuzas” , “El Frijol/Aguascalientes” y “Chilavala”, no obstante quedaron pendientes por la complejidad del terreno la prospección y las excavaciones pertinentes de varios sitios.

En la segunda temporada, (22 de Marzo y 21 de Mayo del 2010). En esta revisión se determinaron cadenamientos sin evidencia arqueológica y se liberaron. No obstante se ubicaron 19 puntos arqueológicos cercanos al trazo, de los cuales 12 no se verían afectados, 5 son antiguos bancos de materiales y 2 se encuentran sobre el eje del trazo. Se ubicaron vestigios arqueológicos extensos y complejos en Santo Domingo Narro, denominados “El Panteón”, “El Temporal”, “El Mapache” y “Sin nombre”. Otro sitio de interés, fue “La Campana”, además del sitio de “Chilavala”. Así mismo las excavaciones de los sitios “Aguascalientes/Quiavicuzas” y “El Frijol/Aguascalientes”, no pudieron ser efectuados debido a la complejidad del terreno y por inseguridad en la zona.

Dentro de las zonas afectadas por el trazo se ubican los sitios denominados como “Loma de León” y “Magueyal”, en las cuales se han efectuaron excavaciones y rescates pertinentes, así como se plantearon las recomendaciones por parte del INAH por lo que se consideró el proyecto como *factible de realizar si se toman en consideración las acciones determinadas por dicho Instituto* (ver Capítulo VI de esta MIA-R y Anexo del INAH). En base a las prospecciones, excavaciones y “Salvamiento Arqueológico” realizado por el INAH, este se dio a bien de emitir un dictamen del cual se retoman las medidas de mitigación a seguir para no dañar dichos patrimonios. Así mismo con base en la información de este dictamen se muestra la siguiente tabla donde se presentan las coordenadas de ubicación de los sitios, los mapas de ubicación generados acorde al proyecto, y las principales referencias y/o recomendaciones hechas por el INAH para estos sitios, de los cuales se debe tener particular atención en las denominadas “Zonas Arqueológicas Destacadas”.

VESTIGIOS ENCONTRADOS EN EL SALVAMENTO ARQUEOLÓGICO					
Zonas Arqueológicas (del km 72+500 y el km 76+700)					
Coordenadas		*Número	**Mapa	Nombre	Referencia del INAH
798166E	1877148N	1	1	El Rodeo	-
798194E	1877081N	2	1	Hera	-
798744E	1877151N	3	1	S/N	-
799060E	1877148N	4	1	El Tanque	-
799037E	1877360N	5	1	El Trapiche	-
799221E	1877304N	6	1	Loma de León	-
800096E	1877466N	7	1 y 2	Pocito del Cilantro	-
800674E	1877496N	8	2	El Cilantro	-
801262E	1877410N	9	2	Las Cajas (Mojonera1)	-
801258E	1877421N	10	2	Las Cajas (Mojonera2)	-
801330E	1877675N	11	2	Cerro del Carril	-
801602E	1877993N	12	2	Río Mecapal	-
Zonas Arqueológicas (del km 123+000 al 128+000)					
Coordenadas		*Número	**Mapa	Nombre	***Referencia del INAH
190191E	1861368N	13	3	S/N	Montículos y alineamientos (cuartos de 4 x 6)
191788E	1859426N	14	4	S/N	Banco de material (Cuarzo)
192001E	1859010N	15	4	S/N	Banco de material (Cuarzo)
191959E	1859200N	16	4	S/N	Banco de material (Cal)
192100E	1858900N	17	4	S/N	Banco de material (Cal)
192500E	1858800N	18	4	S/N	Banco de material (arcilla)
192221E	1859203N	19	4	S/N	Alineamientos, unidades habitacionales
192224E	1859256N	20	4	S/N	Unidad habitacional en cima
192248E	1859251N	21	4	S/N	Unidad habitacional pequeña
192252E	1859247N	22	4	S/N	Unidad habitacional pequeña (2)
193418E	1859029N	23	4 y 5	S/N	Cerámica dispersa
193420E	1859025N	24	4 y 5	S/N	Cerámica dispersa
193878E	1858882N	25	5	S/N	Posible plataforma
193924E	1858852N	26	5	S/N	Alineamientos para terracedo
194029E	1858821N	27	5	S/N	Alineamiento de forma circular (Hera)
194348E	1857880N	28	5	S/N	Montículos
194430E	1858006N	29	5	S/N	Alineamientos de habitaciones y terrazas

VESTIGIOS ENCONTRADOS EN EL SALVAMENTO ARQUEOLÓGICO					
194132E	1858515N	30	5	S/N	Plataformas, alineamientos habitacionales, terrazas
194413E	1857612N	31	5	S/N	Piedra con oquedades y cerámica dispersa
ZONAS ARQUEOLÓGICAS DESTACADAS					
Sitios Santo Domingo Narro					
Coordenadas		*Número	**Mapa	Nombre	Restricciones por parte del INAH oficio núm. 401-43/D-913
0192700E	1857500N	32	5	El Panteón	Revisar ubicación de Obras provisionales y asociadas
193704E	1858243N	33	5	El Temporal	
194390E	1857880N	34	5	El Mapache	
194140E	1858460N	35	5	Sin nombre	
Sitio El Magueyal					
0801966E	1878164N	36	2	El Magueyal	Elevar Terraplén
Sitios a Rescatar					
Estos sitios se ubican aprox. desde el km 138+400 hasta el final del trazo					
203310E	1854020N	37	6	Aguascalientes /Quiavicuzas	Realizar revisión de los sitios incluyendo Infraestructura adicional, Obras provisionales y asociadas
0216903E	1846995N	38	7	La Campana	
0216874E	1846856N				
0216940E	1846868N				
0616948E	1845868N				
221030E	1845150N	39	8	El Frijol /Aguascalientes	
225050E	1843100N	40	9	Chilavala	Sitio liberado, Rescatar/Revisar sitios de obras provisionales y asociadas
Zona Mixe Zapoteca					
Este sitio no presentará afectaciones con la realización del Proyecto					
801299E	1877346N	41	2	Mojonera Las Cajas	No afectar la mojonera ubicada en la cima del cerro Las Cajas, que indica el límite entre las zonas Mixe y Zapoteca
S/N					
* Número de referencia para mapas					
**Mapas de ubicación respecto al Proyecto. Los mapas se anexan con el Título Zonas Arqueológicas					
*** Datos de referencia tomados del oficio emitido por el INAH					

De manera esquemática se muestran las zonas liberadas y las que falta por revisar en la zona del trazo respecto a las consideraciones del INAH.

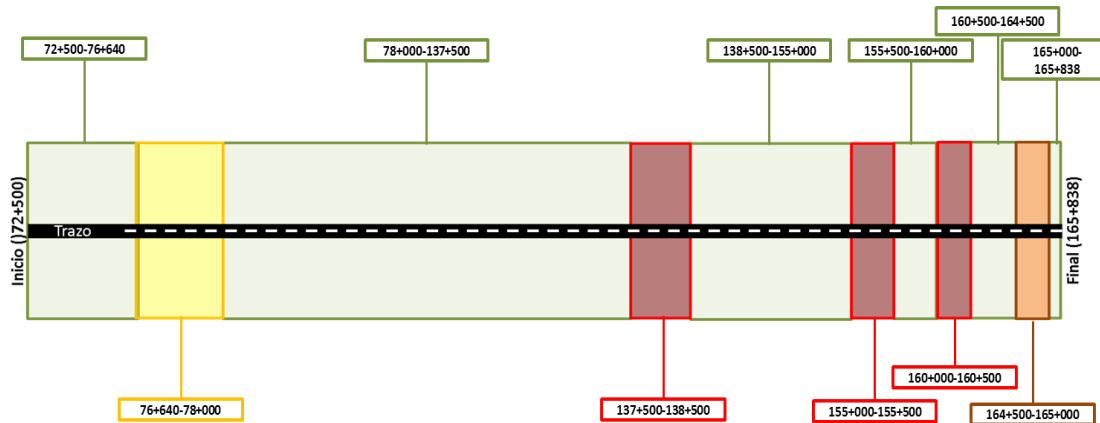


Imagen IV.89 Esquema que muestra las zonas liberadas y las que falta por revisar dentro del trazo respecto a las consideraciones del INAH.

Tabla IV.51 Ubicación, Vestigios encontrados y Restricciones emitidas por el INAH para la zona del Proyecto. Los cadenamientos que se muestran son los originales del oficio emitido por el INAH.

CADENAMIENTOS	VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS	RESTRICCIONES
62+360-76+640 78+000-137+500 138+500-155+000 155+500-160+000 160+500-177+000	No hay presencia de vestigios arqueológicos en el eje del trazo, sólo cerámica dispersa depositada por arrastre	No existen inconvenientes para la realización de obras de construcción, siempre que sean en apego a los incisos a, al f, del oficio 3.4.104.-823 emitido por la Dirección General de Desarrollo Carretero, Dirección General Adjunta de Formulación de Proyectos a través de la Coordinación de Proyectos para Prestación de Servicios.
76+640-78+000	Punto arqueológico el "Magueyal"	Construcción factible sobre un terraplén para evitar daños.
164+500-165+000	Punto arqueológico el "Chilavala"	No deben existir modificaciones en el trazo; presentar el proyecto final al INAH para verificar sitios de obras accesorias y caminos de acceso.
137+500-138+500 155+000-155+500 160+000-160+500	"Aguascalientes/ Quiavicuzas" "La Campana" "El Frijol/Aguascalientes"	Se restringen los trabajos hasta que se realicen las excavaciones pertinentes en dichos sitios.

#### IV.2.4 Paisaje

Existen numerosas definiciones de paisaje que han ido evolucionando hasta determinarlo y quedar centrado como un valor estético, como un recurso y una combinación de elementos físicos, bioecológicos y sociales, por ello se entiende al paisaje como la superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción (Muñoz, 2004).

En la actualidad existe gran interés por los diagnósticos ambientales que evalúan la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas bajo la consideración de los aspectos naturales y culturales que en él convergen (Arler 2000, O'Neill y Walsh, 2000). El enfoque paisajístico hace posible sintetizar e integrar los aspectos estructurales y funcionales del territorio en un momento determinado (Bertrand, 1968; Huggett, 1995; Farina, 1998; García-Romero, 2002; Muñoz, 2002), y su valoración constituye una herramienta útil y rápida para el diagnóstico ambiental con fines de conservación a niveles geográficos más amplios.

Dada la complejidad ecosistémica de la zona de estudio, el valor del paisaje puede ser obtenido a través del uso de indicadores ambientales, bióticos y antrópicos, como la fragmentación, la deforestación, la apertura de vías de comunicación, los aspectos fisonómicos de la vegetación, el ángulo y la longitud de la pendiente y la erosión de los suelos, pueden ser indicadores del paisaje.

Para la evaluación del paisaje para este estudio, se basará principalmente en el método de paisaje visual, el cual considera lo estético y la capacidad de percepción se dará por medio de un observador, para así determinar el estado actual del paisaje, pese a este tipo de evaluación existen características importantes del paisaje que se deben ir tomando en la evaluación. También es importante considerarlo como una extensión de terreno visto desde un punto en el que se destacan cualidades visuales y espaciales; siendo producido por la interacción de los diferentes factores presentes en él y que tiene un reflejo visual en el espacio.

Al estudiar el paisaje el observador analiza una serie de elementos básicos como la composición de las formas naturales y antrópicas, la visibilidad, la naturalidad, vegetación, estado actual de la vegetación, geomorfología, cuerpos de agua presentes; entre otros elementos, para definir las unidades paisajísticas, las cuales serán determinadas al definir el elemento central representativo; para posteriormente el observador expone sus conclusiones basándose en su capacidad de visión y percepción individual del entorno actual.

El paisaje está compuesto básicamente por tres tipos de elementos que se articulan entre sí, éstos son:

- Abióticos: elementos no vivos por ejemplo: el suelo, el relieve (llanuras, montañas, colinas, etc.), así como la naturaleza del terreno (afloramientos rocosos, disposición de los



materiales). El agua es un componente abiótico muy especial en el paisaje de los ecosistemas.

- Bióticos: resultado de la actividad de los seres vivos, fundamentalmente la flora y fauna
- Antrópicos: son estructuras espaciales debidas a las actuaciones humanas.

El origen de los impactos visuales producidos sobre el paisaje es variado, y va a depender de las acciones que se pretenden ejecutar en el entorno actual:

- La aparición de líneas rectas y formas geométricas en el paisaje, originados por ejemplo, por la construcción de una carretera.
- Los cambios bruscos de color, al introducir estructuras y eliminar vegetación.
- La modificación de las formas naturales del relieve, como puede ser un banco de materiales (préstamo), banco de tiro, etc.
- La acumulación de residuos y contaminación del entorno.

La percepción del paisaje es mayoritariamente visual, por eso para estudiar el impacto sobre una zona natural determinada, es necesario definir la calidad y fragilidad visual.

En base a lo anterior podemos decir que la evaluación paisajística constara de los siguientes atributos:

#### **IV.2.4.1 Visibilidad**

Esta se refiere al territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada. El medio a estudiar será el entorno donde se insertara el proyecto y estará determinado por el territorio desde el que la actuación resulte visible, estando definido por la superposición de las unidades de paisaje identificadas.

El entorno del proyecto en su mayoría es influenciado por la presencia de selva baja caducifolia conservada, además de bosques templados, y en menor porcentaje agricultura y pastizales inducidos. La geomorfología de la zona corresponde a una sierra compleja; por lo tanto se puede inferir que la visibilidad es discontinua e interrumpida, ya que a determinada distancia ya no se puede apreciar de manera clara algunos elementos del ecosistema, siendo la topografía la que impide la visibilidad, también la vegetación toma un papel importante en la fragmentación de la visibilidad debido a que esta se encuentra dominada por el estrato arbóreo.



Imagen IV.90 En esta galería fotográfica se puede observar la geomorfología del sitio en diferentes puntos por donde pasara el proyecto, por lo cual la visibilidad se fragmenta debido a estas formaciones.

#### IV.2.4.2 Calidad Paisajística

Este parámetro incluye tres elementos de percepción, que son características intrínsecas las cuales son: la morfología, la vegetación y la presencia de cuerpos de agua; dentro de la calidad paisajística también se evalúa de manera perceptual, la calidad visual, calidad del fondo escénico, la naturalidad y la singularidad.

La morfología representativa de la zona de estudio está integrada principalmente por serranías que conforman la Sierra Madre del Sur, formando elevaciones de cerros que sobrepasan los 500 metros de altitud, por lo consiguiente no se alcanza apreciar la diferencia entre las topofomas en el fondo escénico, logrando que la calidad del paisaje se observe homogénea, a pesar de esto se debe resaltar que tanto el SAR como el AI, en su mayoría reúnen características idóneas para el desarrollo de una vegetación dominada por selva baja caducifolia, seguida por vegetación de bosque (parte alta del SAR), las cuales van a definir un paisaje variado en colores y formas, dominando la presencia del estrato arbóreo bien definido para cada una de estos ecosistemas.

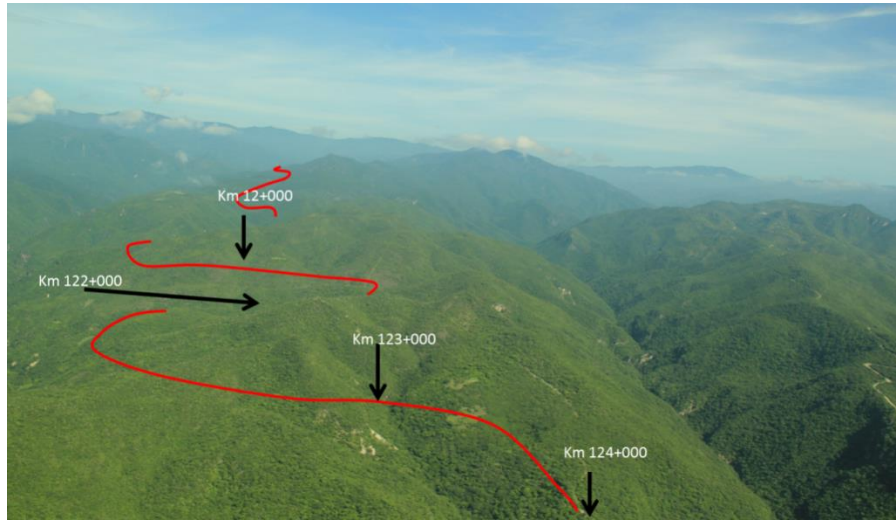


Imagen IV.91 Morfología representativa del sitio donde pasara el proyecto (línea roja)



Imagen IV.92 Diferentes tipos de vegetación a lo largo del proyecto, donde se observa la dominancia del estrato arbóreo. (Bosques templados km 75+000 – km 111+200; Selva baja caducifolia km 72+500 – km 75+000; km 117+200 - 165+838.37AT=165+000AD)



En relación a los cuerpos de agua presentes en la zona de estudio, se considera de importancia relevante ya que el proyecto se ubicará paralelo al Río Tehuantepec, además de que se presentan varios escurrimientos naturales los cuales desembocan en este cuerpo de agua, en lo referente a la calidad paisajística que estos ofrecen es considerada como alta.



Imagen IV.93 Proyecto (línea roja) paralelo al Río Tehuantepec.



Imagen IV.94

Cuerpos de agua presentes en el sitio.

### a) Calidad Visual

La calidad visual, es la manera en la que se pueden apreciar todos los elementos del paisaje desde un punto de vista determinado por el observador. El paisaje actual cuenta con formaciones topográficas homogéneas además que la vegetación se encuentra de la misma forma, esto debido a su estado de conservación, a pesar de la diversidad de ecosistemas existentes se puede observar

una calidad visual primaria ya que hay sitios donde aún no hay actividades antrópicas, debido a la presencia de densa cobertura vegetal y a la accidentada y compleja topografía.

#### **b) Calidad del Fondo Escénico**

La calidad del fondo escénico está determinada por la altitud, las formaciones vegetales, su diversidad y la geomorfología, en el rango más lejano de visión alcanzado por el observador. La calidad puede estimarse de forma directa sobre la globalidad del paisaje a través de la estimación subjetiva, donde se observe la influencia en la misma de alguna de sus características, o componentes del paisaje. La Calidad paisajística, se consideraron tres elementos para analizar la calidad del fondo escénico:

- Topografía. En este elemento predomina un sistema de topoformas de sierras complejas donde se ubicara el proyecto, por lo consiguiente no se observa como tal un fondo escénico.
- Vegetación. Este elemento hace referente a los tipos de vegetación, como se mencionó anteriormente se observan varios tipos de vegetación a lo largo del proyecto, pero a pesar de esto no hay contrastes de color como tal, debido a su estado de conservación; únicamente se puede observar el contraste en la selva ya que estos individuos presentan una coloración diferente.
- Agua. El proyecto en el cadenamiento del km 127+880 al km165+838.37, se ubica paralelo al Río Tehuantepec.

#### **c) Naturalidad**

La naturalidad se define como los espacios en los que no se ha producido actuación humana, (sin modificación del paisaje, espacios tradicionales, con cambios específicos, con modificaciones físicas y dominados por obras civiles industriales o turísticas, espacios naturalizados y zonas verdes), (Conesa. 1997).

Por otra parte las actuaciones pueden ser:

- Espaciales (agrícolas)
- Puntuales (edificios, puentes)
- Lineales (carreteras, gasoductos, vías férreas)
- Superficiales (centros urbanos, turísticos)

De las actuaciones que se identifican a lo largo del proyecto, solo se presentan sitios destinados a la agricultura, por los cuales se ha dado un proceso de cambio de uso de suelo anteriormente, y la presencia de asentamientos humanos, ya que aún es una zona que se puede considerar conservada.

#### d) Singularidad

El paisaje que conforman las serranías se puede considerar como uniforme, no cuenta con horizontes amplios lo que hace que la calidad visual sea menor. El paisaje es monocromático, es decir que no hay gran variación en colores debido a la composición vegetal, en la cual domina el estrato arbóreo.

#### IV 2.4.3 Fragilidad

Es la capacidad del paisaje, para absorber los cambios que se produzcan en él. Sabemos que todo ecosistema tiende a la recuperación a través de la sucesión vegetal, sin embargo sabemos que a mediano plazo el área que va a ser afectada se recupera y más aún si se plantean medidas de mitigación adecuadas para dicha recuperación, además de que se trata de un sitio conservado.

#### IV 2.4.4 Frecuentación humana

La presencia de asentamientos humanos o infraestructuras, influye en los cambios de calidad del paisaje, pues realiza modificaciones al entorno para satisfacer sus necesidades básicas. En este caso ha habido cambios en la calidad del paisaje principalmente donde se ubican los poblados ya que estos aunque son pequeños cuentan con elementos ajenos al paisaje natural, caminos, brechas, etc., los cuales contrastan con la calidad del paisaje de los sitios aun conservados por donde se insertara el proyecto.

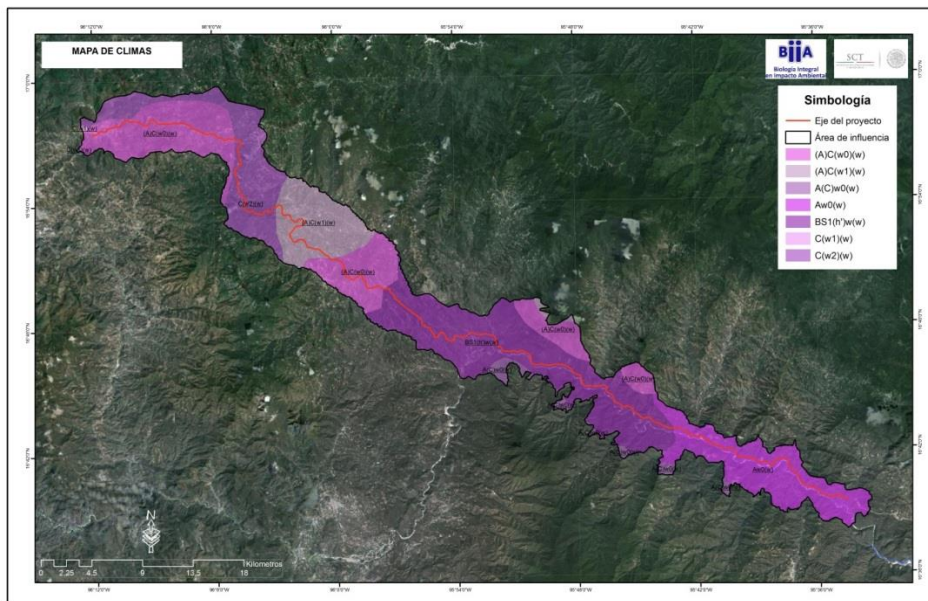


Imagen IV.95 Actuaciones antrópicas en la zona de estudio.



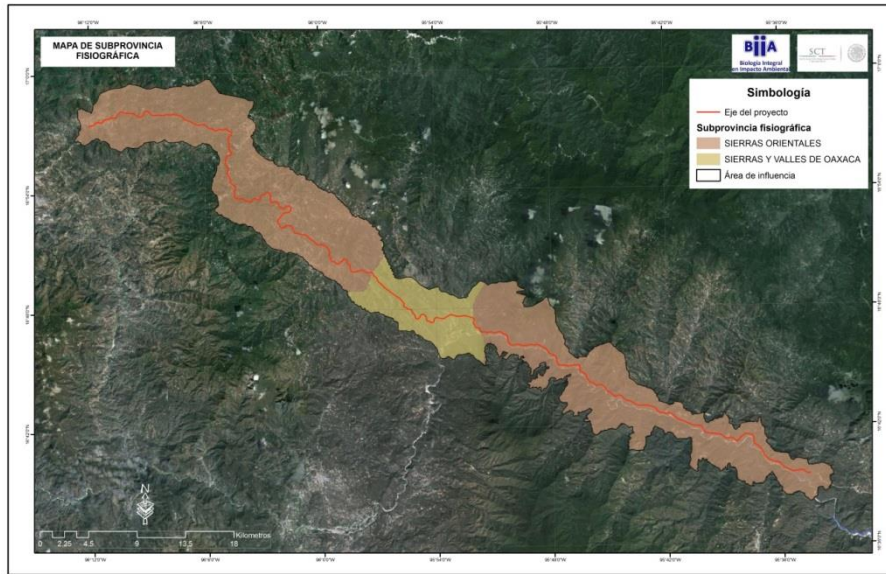
#### IV 2.5 Caracterización abiótica del área de influencia

TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
<b>CLIMA</b> <i>7 unidades climáticas</i>	Estepario semiseco $BS_1(h')(w)(w)$	29.92%	En la parte central y se extiende al este
	Semicálido subhúmedo $(A)C(w_0)(w)$	25.80%	En dos zonas al centro-norte
	Cálido subhúmedo $Aw_0(w)$	16.35%	En la zona sur
	Templado subhúmedo $C(w_2)(w)$	14.48%	En la parte noreste
	Templado húmedo $C(w_1)(w)$	0.08%	En una pequeña zona al oeste
	$(A)C(w_1)(w)$	11.25%	En la parte centro-norte y pequeñas zonas más al sur
	$A(C)w_0(w)$	2.12%	Representado como una delgada línea desde el centro hasta el sur del AI

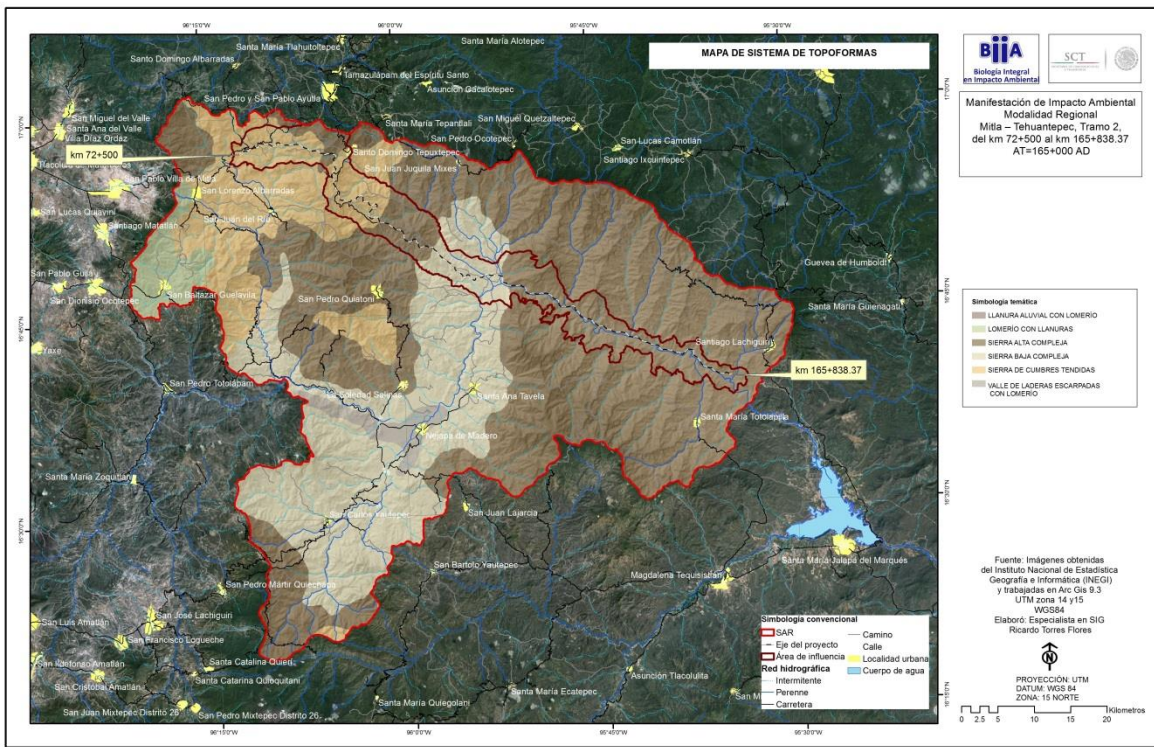


TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
<b>FISIOGRAFÍA</b>	Subprovincia Orientales Sierras		Casi en toda la superficie del AI

TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
2 unidades fisiográficas	Subprovincia Sierras y Valles de Oaxaca		En una porción del cadenamiento 115+500 al 527+880AT=127+880AD



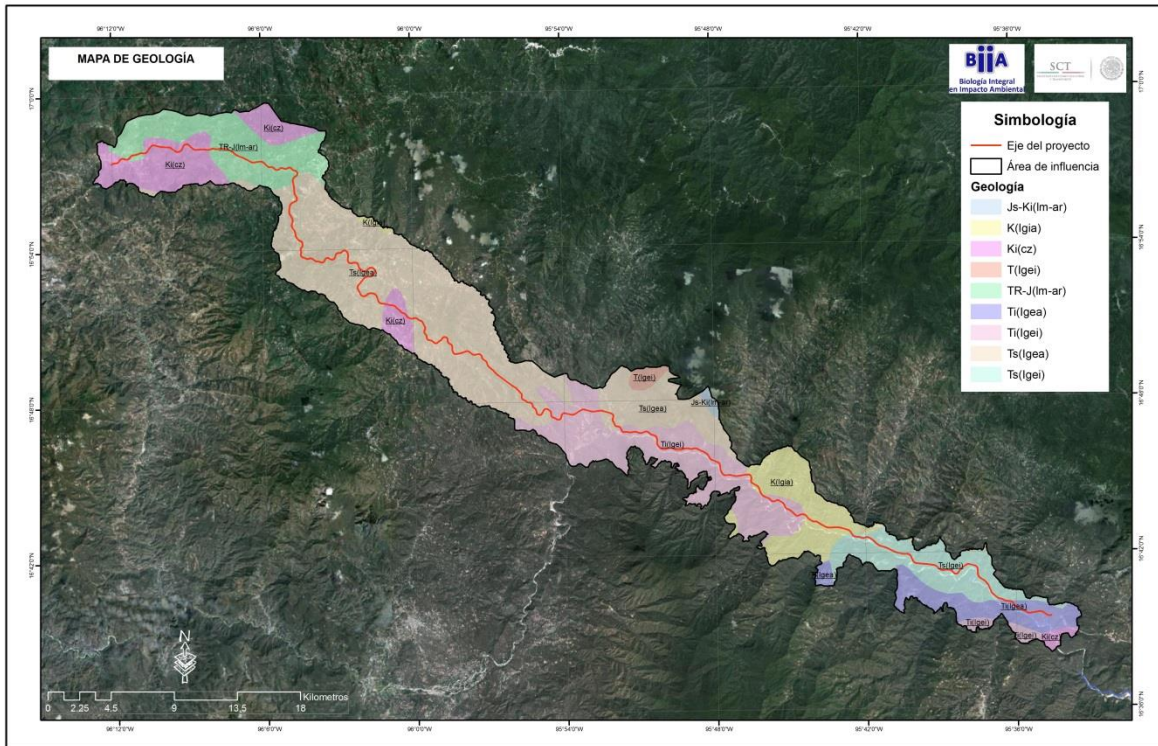
TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
GEOMORFOLOGÍA 3 unidades de topofomas	Sierras Altas Compleja	58.18%	Se ubican en dos zonas en el oeste y en mayor parte al este
	Sierra de Cumbres Tendidas	28.71%	Se presentan en dos zonas al oeste del AI
	Sierra Baja Compleja	13.11%	Está en la parte central que corresponde a la subprovincia Sierra y Valles de Oaxaca



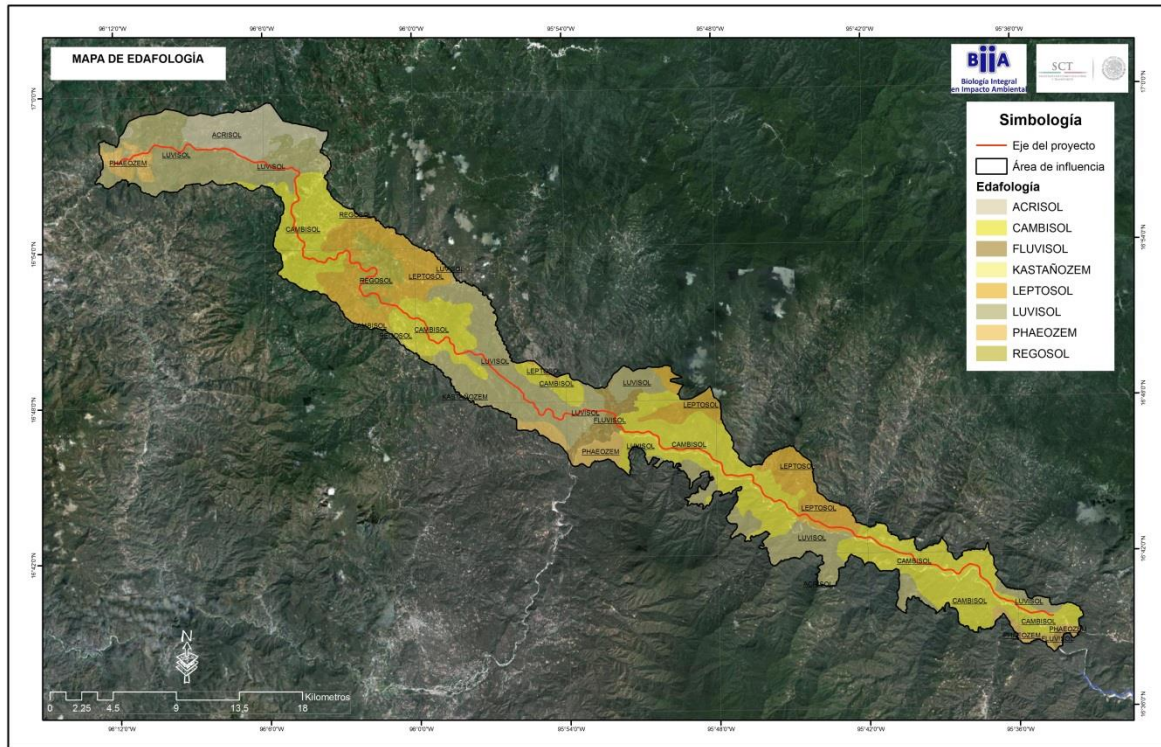
TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
GEOLOGÍA  8 unidades geológicas	Limonita-arenisca Js-Ki(IIm-ar)	0.37%	En una pequeña porción hacia el norte del km 135+000
	Ígnea intrusiva acida K(Igia)	8.26%	Esta unidad se ubica en el subtramo paralelo al río Tehuantepec, específicamente del km 545+000 al km 147+000
	Sedimentaria caliza Ki(cz)	10.48%	Esta unidad se encuentra en el AI en 4 partes, la primera en el suroeste del inicio del tramo 2, la segunda hacia la parte norte del km 86+000, la tercera en el km 106+000, y la última, hacia el final del

TEMA	UNIDADES		% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
				tramo, en la parte sureste.
	Ígnea extrusiva intermedia T(Igei)		0.82%	Se ubica entre los kilómetros 124+000 al km 142+000; y una pequeña porción al final del tramo 2, en la parte sur del AI.
	Ígnea extrusiva básica TR-J(lm-ar)		10.38%	Se encuentra al inicio del tramo 2, del km 81+000 al km 88+000.
	Ígnea extrusiva ácida Ti(Igea)		5.73%	Se encuentra en la parte del subtramo del río Tehuantepec, al final del tramo 2.
	Ígnea extrusiva ácida Ts(Igea)	39.09%	Es la unidad de mayor extensión dentro del AI, se ubica del km 88+000 al km 124+000. Y a la altura del km 527+000 hacia el noreste.	
	Ígnea extrusiva básica Ts(Igei)	8.23%	Del km 147+000 al km 161+000.	





TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
<b>EDAFOLOGÍA</b>  <i>7 unidades edafológicas</i>	Cambisol	38.17 %	Esta unidad se ubica en 5 partes dentro del AI, la primera del km 88+000 al km 98+000, la segunda del km 107+000 al km 114+000, la tercera a la altura del km 124+000 hacia el norte; la cuarta del km 128+000 al km 144+000; y por último del km 148+500 hasta el final del tramo 2.
	Luvisol	31.01 %	Se encuentra en 4 partes del área del AI, la primera en los primeros kilómetros del tramo 2, del km 75+000 al km 88+000, la segunda del km 114+000 al km 126+000, la tercera a la altura del km 144+000 hacia la parte sur del AI, y la última al final del tramo 2 en la parte norte del AI.
	Lepstosol	15.21 %	Esta unidad se encuentra en 3 partes del AI, la primera del km 98+000 al km 107+000, la segunda a la altura del km 135+000 hacia la parte norte del AI, y la tercera del km 144+000 al km 148+500.
	Acrisol	5.74 %	Esta unidad se encuentra del km 79+000 al km 84+000.
	Pheozem	4.79 %	Esta unidad se encuentra dentro del AI, en 3 partes, la primera esta del km 72+500 al km 75+000, las 2 siguientes se ubican hacia el sur del AI en los kilómetros 128+000 y 165+000.
	Regosol	2.92 %	Se ubica a la altura del poblado de Llano Crucero, del km 100+000 al km 106+000.
	Fluvisol	2.10 %	Se ubica a la altura del poblado Santo Domingo Narro, del km 127+000 al km 128+000



TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
<b>DEGRADACIÓN DEL SUELO</b> <i>5 zonas con degradación</i>	10 Química (Qd), grado moderado, causada por deforestación y sobre explotación de la vegetación	2.94 %	Al noroeste
	21 Química (Qd), grado ligero, causada por sobre explotación de la vegetación y deforestación	5.57 %	En la parte noreste
	26 Hídrica (Hs), grado ligero, causada por sobrepastoreo	0.78 %	Parte central
	28 Hídrica (Hs), grado ligero, causada por actividades agrícolas y deforestación	6.89 %	Se ubica en la parte sureste
	32 Hídrica (Hs), grado	6.95 %	Sureste del AI



TEMA	UNIDADES	% DENTRO DEL AI	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL AI
	ligero, causada por actividades agrícolas y deforestación		

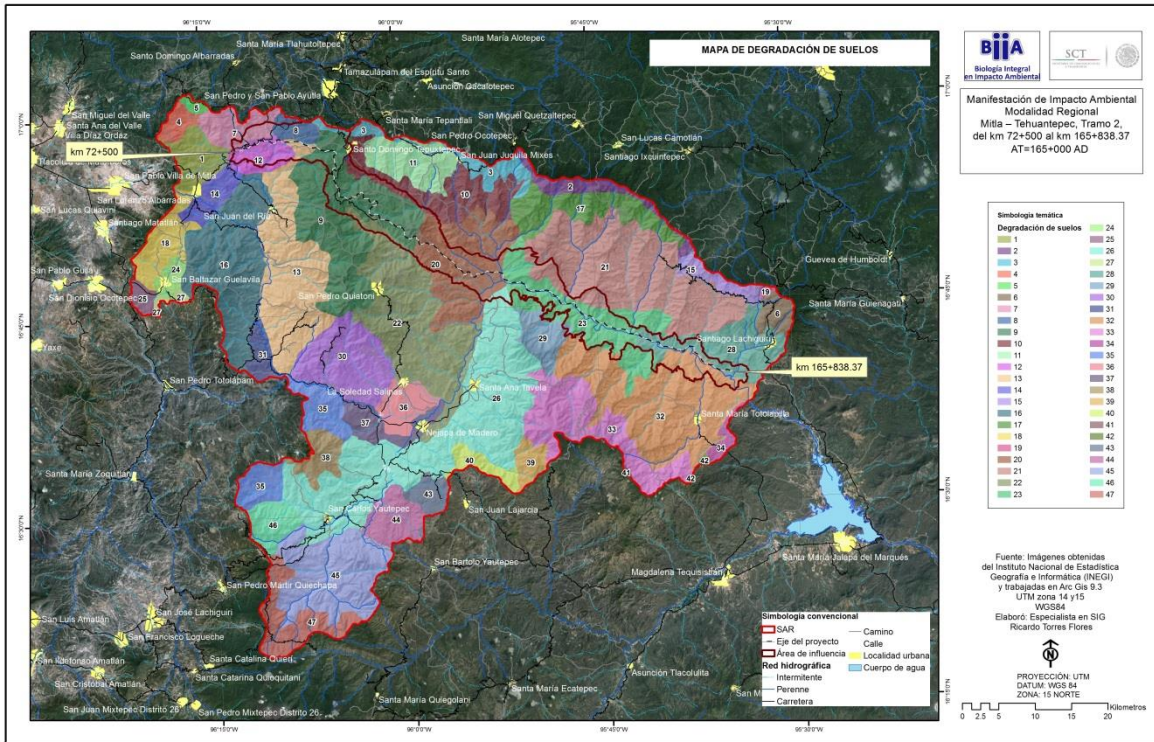


Imagen IV.96

La caracterización biótica y social se presenta en sus respectivos apartados.

### IV.3 Diagnóstico Ambiental

El objetivo del diagnóstico ambiental es determinar la calidad del SAR a partir de los componentes ambientales relevantes y críticos identificados, tomando en cuenta, los procesos de aprovechamiento y deterioro de los recursos naturales que estén produciendo el detrimento de los ecosistemas y generando la problemática ambiental.

Para evaluar el estado de la calidad del SAR en el que se encuentra inmerso el proyecto, se utilizaron los criterios de evaluación de la metodología que la CONABIO empleó en 1998 para determinar las regiones hidrológicas prioritarias (RHP) del país; donde el principal objetivo fue darle un valor a las áreas identificadas como prioritarias respecto a su valía ambiental, económica y de amenazas. Para ello, se les asignó una valoración única de manera global a cada una de las áreas respecto a cada uno de los criterios, justificando la asignación a dicho valor.

Esta metodología se empleó para determinar la situación actual, así como los procesos de deterioro que se han venido presentando a lo largo de los años en ciertas regiones del país.

Por lo tanto, considerando que los requerimientos para el análisis del diagnóstico del sistema ambiental regional son similares a los empleados en esta metodología; en la presente Manifestación de Impacto Ambiental se adaptaron dichos criterios de evaluación a una matriz de interacciones.

La matriz de evaluación del diagnóstico ambiental consistirá en un cuadro de doble entrada que contendrá en la primera columna la lista de indicadores que determinaran el valor ambiental, económico y los riesgos y amenazas; y en la fila superior, los componentes ambientales que se determinaron para la evaluación de los impactos ambientales.

Para su ejecución fue necesario identificar la relación con los componentes o factores ambientales del medio biótico, abiótico y socioeconómico con los indicadores ambientales que pudieran determinar la calidad ambiental del SAR.

Los indicadores a considerar en la matriz son los siguientes:

<b>VALOR AMBIENTAL (BIÓTICO Y ABIÓTICO)</b>
<p><b>Integridad ecológica (funcional):</b> se relaciona con el estado del hábitat (calidad), en el que se evalúa si sus características funcionales se encuentran en su estado natural o lo más cercano a éste. Una alta integridad indica que el hábitat presenta sus características funcionales naturales.</p>
<p><b>Hábitats:</b> evalúa cualitativamente la diversidad de hábitats que se encuentran representados en el área, como indicador de si en un mismo sitio están representados varios tipos de hábitats (lago, reservorio, cuerpos acuáticos someros, ríos, arroyos, lagos salinos, lagunas, humedales u otros).</p>
<p><b>Endemismo:</b> presencia de especies endémicas.</p>

### VALOR AMBIENTAL (BIÓTICO Y ABIÓTICO)

**Especies amenazadas:** evalúa la presencia de especies que presentan alguna categoría dentro de lo establecido en la (NOM-059-SEMARNAT-2010).

**Especies indicadoras de conservación:** evalúa diferentes características ya sea de distribución, abundancia, rareza de las especies en el área como indicadoras del estado natural del ecosistema.

**Biodiversidad:** este indicador describe el grado de salud o integridad de los ecosistemas dentro del SAR.

### VALOR ECONÓMICO

**Especies de importancia comercial:** evalúa la presencia de especies comerciales como medida de su importancia económica.

**Importancia económica por sectores:** evalúa la importancia de la zona por la presencia de actividades de sectores como el petrolero, pesquero, industrial, minero, de transporte u otros.

**Recursos estratégicos:** evalúa la importancia de la zona por la presencia de recursos económicamente estratégicos como, gas, petróleo, geotérmicos, u otros.

**Recursos culturales:** evalúa la importancia de la zona por la presencia de recursos arqueológicos o grupos indígenas, que sigan conservando sus cultos y tradiciones.

### RIESGOS Y AMENAZAS

**Modificación del entorno:** se ejemplifica por actividades como alteración de cuencas y/o construcción de presas que reducen aporte de agua epicontinental, la tala de árboles, desecación o relleno de áreas inundables, deforestación, incendios, modificación de la vegetación natural que promueve la erosión e incrementa el aporte de sedimentos, formación de canales, obras de ingeniería como construcción de caminos, carreteras u otros.

**Contaminación:** evalúa la presencia de energía, sustancias u organismos contaminantes en la zona. Los agentes que alteran la calidad del agua pueden ser directos o indirectos: residuos sólidos como basura, aguas residuales domésticas e industriales, petróleo y sus derivados, agroquímicos, fertilizantes, residuos industriales, descargas termales y salobres provenientes de termo e hidroeléctricas, presencia de industria generadora de gases atmosféricos que inducen la lluvia ácida u otros.

**Concentración de especies en riesgo:** puede reflejar el grado de amenaza o deterioro al que está sometida una región en particular.

**Especies introducidas o exóticas:** evalúa la presencia de especies introducidas en los diferentes hábitats como medida de los impactos negativos que ocasionan, por ejemplo el desplazamiento de especies nativas.

**Prácticas de manejo inadecuadas:** evalúa la práctica de actividades no compatibles con la conservación como uso de explosivos, violación de vedas y tallas mínimas de extracción, venenos y trampas no selectivas, pesca ilegal u otros.

Los componentes o factores ambientales a considerar en la matriz son los siguientes:

- Atmosfera
- Suelo

- Hidrología
- Procesos del medio abiótico
- Flora
- Fauna
- Procesos del medio biótico
- Paisaje
- Uso de suelo
- Dinámica poblacional
- Estructura económica
- Características culturales
- Infraestructura y servicios

Una vez identificados los indicadores y los factores del medio que presumiblemente tienen alguna relación, se sombrea la celda de cruce para tener identificadas las interacciones y asignar al final de cada fila un valor global basado en la siguiente escala de importancia, para posteriormente justificar el valor asignado.

Los valores usados para los indicadores son los siguientes:

SIMBOLOGÍA	CRITERIO	VALOR
NC - NE	NO SE CONOCE - NO EXISTE	0
B - PI	BAJO - POCO IMPORTANTE	1
M - I	MEDIO - IMPORTANTE	2
A - MI	ALTO - MUY IMPORTANTE	3

Al final de la valoración por filas, se realizará la suma de todos los números asignados, para obtener un valor total, que permita determinar la calidad del SAR. Para lo cual, se emplearan los siguientes rangos de calificación:

ESCALA DE VALORACIÓN	CALIDAD DEL SAR
31-45	ALTA
16-30	MEDIA
1-15	BAJA







## (A) Valor Ambiental

### ▪ Integridad Ecológica

3

Dentro del SAR, se observa que el ecosistema dominante (selva seca) se encuentra en estado primario lo que hace que aún se albergue un número de especies vegetales y faunísticas de importancia ecológica relevante; como es el caso del Jaguar (*Panthera onca*) y de la guacamaya (*Ara militaris*), especies consideradas como indicadoras; lo que demuestra que el sitio actual se encuentra en buen estado de conservación y la integridad de los ecosistemas.

El bosque templado ubicado en la zona alta del SAR, presenta un grado de perturbación, principalmente antrópica, a pesar de estas actividades el estado del bosque se observa en algunos puntos dominados por el estrato arbóreo.

Debido a los componentes que de manera directa interactúan sobre el SAR y a las diversas condiciones que se observaron en él, en cuestión de integridad ecológica funcional esta es considerada como **(3) Alta – Muy Importante**; a pesar que la zona de selva se encuentra conservada con respecto al bosque, a pesar de esto este ecosistema, brinda funcionalidad ecológica limitada en algunos sitios pero en otros aun el ecosistema presenta un equilibrio.



Imagen IV.97 Integridad ecológica, en los ecosistemas dominantes en el SAR. (imagen izquierda Selva seca, imagen derecha Bosque templado)

### ▪ Hábitats

3

Tanto en el SAR como en las colindancias en las que se ubicara el proyecto se identifican zonas las cuales funcionan como hábitats. De las especies faunísticas registradas en campo las cuales son consideradas como indicadoras de la buena calidad del hábitat, se puede discernir que este se presenta en condiciones idóneas para que estas especies, como el ocelote (*L. pardalis*), la guacamaya verde (*Ara militaris*) y la nutria de río o perro de agua (*Lontra longicaudis*); mantengan

su persistencia en estos sitios, así asegurando en gran medida las tasas de supervivencia y de reproducción de los individuos así como la viabilidad de su descendencia; es importante también considerar el estado actual de la vegetación, ya que esta influye de manera directa sobre la calidad actual del hábitat. Como es el caso de la guacamaya verde (*Ara militaris*), la cual tiene su preferencia por sitios conservados.

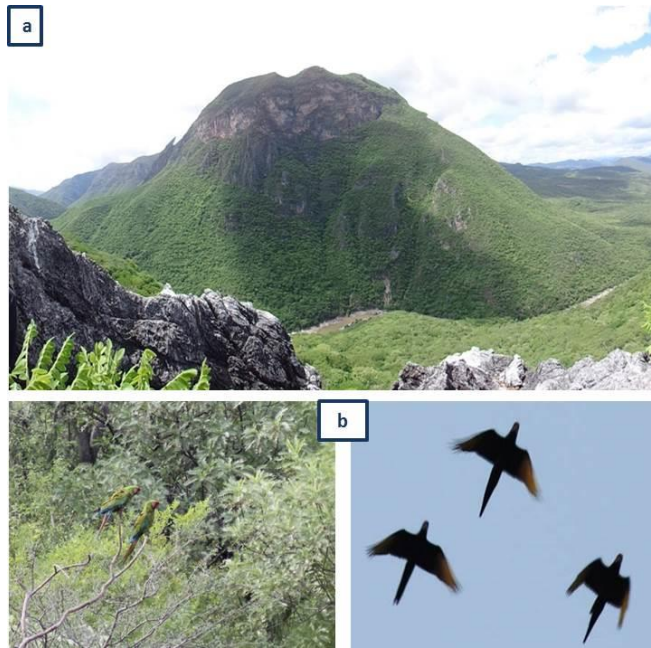


Imagen IV.98 En la imagen (a) se puede observar el hábitat donde se establecen poblaciones de guacamaya verde (*Ara militaris*), (b) Individuos de guacamaya verde, observados in situ.

La presencia de la nutria de río (*Lontra longicaudis*); a lo largo del Río Tehuantepec, indica que este cuerpo de agua se considera como hábitat ya que presenta las características idóneas para su establecimiento, ofreciéndole aguas claras, presencia de pozas profundas que represan el agua, vegetación riparia que ofrece cobijo, bancos de tierra en las riberas y sobre todo disponibilidad de alimento.

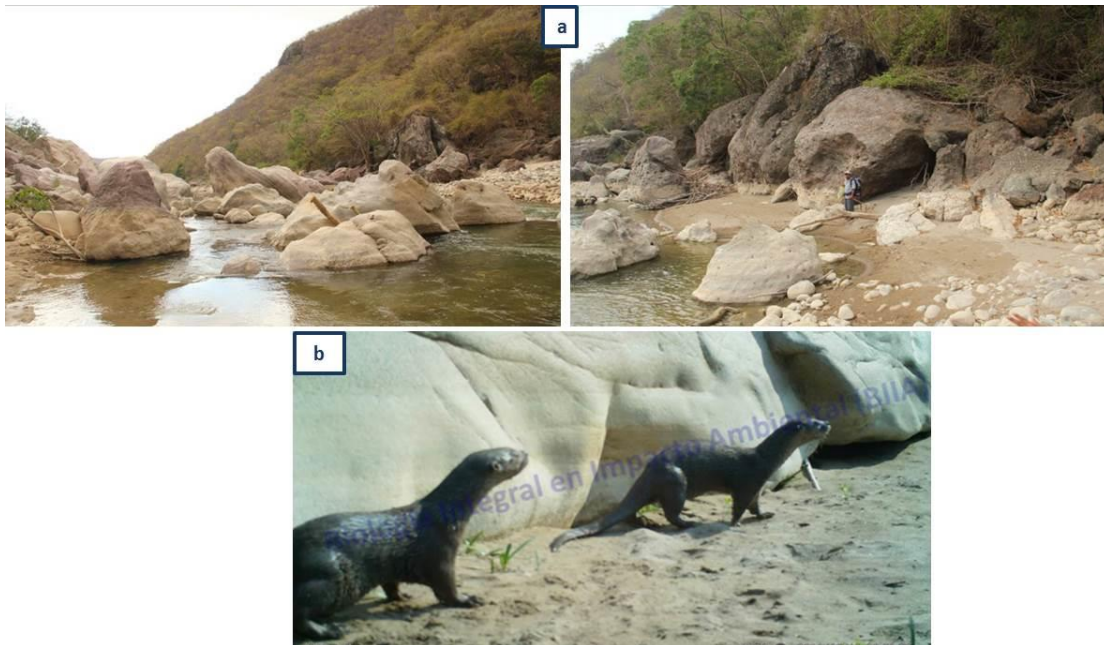


Imagen IV.99 Río Tehuantepec (a) considerado como hábitat para la nutria de río (*Lontra longicaudis*); (b) Individuos de (*Lontra longicaudis*), captados por fototrampeo.

Una vez evaluado el sitio de muestreo se considera como **(3) Alta – Muy Importante** debido a su condición actual lo que funge como hábitat de algunas especies, y estas son consideradas como especies focales.

▪ Endemismo

3

De las especies vegetales identificadas en campo, se identificaron siete especies endémicas tanto para el estado de Oaxaca como para el país, la familia cactaceae es la que presenta más endemismos.

Tabla IV.52 Especies vegetales endémicas.

FAMILIA	ESPECIE
Asparagaceae	<i>Agave marmorata</i>
Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i>
Primulaceae	<i>Jacquinia seleriana</i>
Solanaceae	<i>Solanum lesteri</i>
Cactaceae	<i>Cephalocereus totolapensis</i>
Cactaceae	<i>Mammillaria haageana</i>
Cactaceae	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>

De las especies vegetales endémicas, es la familia cactaceae, la que presenta más endemismos.

En lo referente a la fauna registrada *in situ*, se identificaron seis especies endémicas.

Tabla IV.53 Especies de fauna endémicas en campo

FAMILIA	ESPECIE
Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>
Polychridae	<i>Anolis isthmicus</i>
Colubridae	<i>Leptodeira maculata</i>
Colubridae	<i>Salvadora intermedia</i>
Bataguridae	<i>Rhinoclemmys rubida</i>
Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>

En lo referente a los endemismos estos son considerados **(3) Alta – Muy Importante** debido a que son endémicas tanto para el estado como para México.

- Especies amenazadas

3

De las especies vegetales cinco de ellas se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010:

Tabla IV.54 Especies vegetales catalogas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

ESPECIES EN RIESGO	
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Coryphantha elephantidens</i>	A
<i>Erythrina coralloides</i>	A
<i>Mammillaria duoformis</i>	Pr
<i>Pinus chiapensis</i>	Pr
<i>Podocarpus matudae</i>	Pr

Especies de fauna identificadas en campo, algunas de ellas se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.55 Especies de fauna catalogas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

ESPECIES EN RIESGO	
<b>Peces</b>	
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Poecilia butleri</i>	A
<b>Anfibios</b>	
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Lithobates berlandieri</i>	Pr
<b>Reptiles</b>	
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Ctenosaura oaxacana</i>	A
<i>Ctenosaura pectinata</i>	A
<i>Anolis isthmicus</i>	Pr
<i>Leptodeira maculata</i>	Pr
<i>Salvadora intermedia</i>	Pr
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	A
<i>Rhinoclemmys rubida</i>	Pr
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Pr
<b>Mamíferos</b>	
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Panthera onca</i>	P
<i>Leopardus pardalis</i>	P
<i>Puma yagouaroundi</i>	A
<i>Lontra longicaudis</i>	A
<i>Eira barbara</i>	P

<i>Tamandua mexicana</i>	P
<i>Glaucomys volans</i>	A
<b>Aves</b>	
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Buteo swainsoni</i>	Pr
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Pr
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Pr
<i>Buteo albonotatus</i>	Pr
<i>Amazona albifrons</i>	Pr
<i>Ara militaris</i>	P
<i>Aratinga canicularis</i>	Pr

El grupo de los reptiles, es el que tiene más especies dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La presencia de especies dentro de alguna categoría de la norma se considera **(3) Alta – Muy Importanteya** que posiblemente sus poblaciones pueden ir disminuyendo si no se pone énfasis en su protección y conservación.

- Especies indicadoras

#### *Conservación*

3

Las especies indicadoras de conservación son de gran importancia ya que son estas las que puedes representar la composición de una comunidad, el estado actual de un sitio y/o reflejar los cambios ambientales que este sufre a lo largo del tiempo, siendo estas las especies más sensibles a la perturbación. Las especies indicadoras que se presentan en el sitio son, ocelote (*L. pardalis*), la guacamaya verde (*A. militaris*) y la nutria de río o perro de agua (*Lontra longicaudis*), las cuales están presentes dentro del ecosistema gracias a que este se encuentra conservado, además que este les confiere los recursos necesarios para su establecimiento y su equilibrio dentro de él.

Así como estas especies vegetales, *Coryphantha elephantidens*, *Pinus chiapensis*, *Mammillaria duoformis* y *Podocarpus matudae*, identificadas dentro del SAR, también consideradas como especies indicadoras de conservación.

Debido al registro de estas especies se consideran como **(3) Alta – Muy Importanteya** que son las que indican el estado actual de conservación, además que estas especies son consideradas de relevancia ecológica.



▪ Biodiversidad

3

De acuerdo a la biodiversidad identificada en el SAR, esta es considerada como **(3) Alta – Muy Importante**, ya que debido a que aun el sitio presenta vegetación primaria (zona selva seca) se presentan las interacciones necesarias (medio físico, biótico) para que las especies que en él convergen estén en optimas condiciones, tal es el caso de las especies vegetales de la zona las cuales sirven de alimento para la guacamaya verde, o el caso de la cobertura vegetal densa y conservada que sirve como cobijo para especies de tallas mayores además de que el ecosistema actual les provee de protección, ya que hay sitios que aun no se observan actividades antropogénicas, generando un equilibrio en el ecosistema.

**(B) Valor Económico**

▪ Especies de importancia comercial

1

Dentro del SAR, se observaron zonas destinadas para la agricultura de riego y de temporal, así como espacios con pastizales inducidos, estos espacios son reducidos comparándolos con la vegetación actual, ya que gracias a la topografía del sitio no se pueden desarrollar estas prácticas, lo que ha ayudado a que la vegetación se encuentre conservada, principalmente en la zona donde se ubica la selva baja caducifolia.



Imagen IV.100 Terrenos de cultivo, en la zona del bosque templado.



Imagen IV.101 Terrenos agrícolas cercanos al Río Tehuantepec, en la zona de selva seca.

▪ Importancia económica por sectores 1

Debido a que la zona cuenta con un bajo índice poblacional los requerimientos de los asentamientos son menores, en la zona se observa que la principal actividad es la agrícola, principalmente cultivan agaves mezcaleros para poder comercializarlos en las cabeceras municipales para posteriormente producir mezcal, siendo esta la única fuente económica de la zona, ya que los cultivos de maíz son principalmente para su subsistencia. Con respecto a la ganadería esta es extensiva y solo es para su autoconsumo.



Imagen IV.102 Cultivo de agave mezcalero dentro del Al.

▪ Recursos estratégicos 0

No se presentan estos recursos en el área de estudio.

▪ Recursos culturales 3

En el sitio se pone de manifiesto una riqueza cultural **(3) Alta – Muy Importante**, debido a los elementos que evidencian la identidad étnica de la zona, entre ellos destaca la lengua materna, principalmente la Mixe y Zapoteca. En la misma forma, en el sitio se mantiene un sistema de organización basado en los principios de Usos y Costumbres, donde la estructura máxima de

decisiones es la Asamblea General de Comuneros o Ejidatarios, además se mantiene una participación para bienes comunes a través de tequios o trabajos colectivos.

También, la población aún mantiene sitios naturales considerados como espacios “sagrados”, donde destacan cuevas, bosques, manantiales y montañas, elementos que constituyen el entorno natural y que están fuertemente arraigados en la cosmovisión de los habitantes, esto se ve reforzado en los mecanismos de conservación adoptados por los habitantes donde destacan las “Áreas Voluntariamente Destinadas a la Conservación”, que suman hectáreas de resguardo a los ecosistemas de la región y que son delimitados por iniciativa de las comunidades, y que brindan la oportunidad que mantener las condiciones actuales de la zona o incluso de mejorarla.

Dado el sincretismo religioso con la cosmovisión mixe y zapoteca, la población mantiene una serie de fiestas patronales, donde se hacen notar las tradiciones (trajes típicos, danzas, música, comida), de estas regiones del país. Aunado a esto en la zona se ubican varias zonas arqueológicas donde destacan la Mojonera Las cajas que marca el límite de la cultura Mixe y Zapoteca.

### **(C) Riesgos y amenazas**

- Modificación del entorno

#### *Bosque templado*

2

Para este tipo de ecosistema se presenta una fragmentación debido a actividades antrópicas, ya que cercano a este se ubican los asentamientos humanos, a pesar de esto se considera como **(2) Medio –Importante**, ya que aún hay zonas de bosque conservadas y semi-conservadas, esto es debido a la topografía del SAR, al ser una sierra esto complica que haya generación de asentamientos o estos a su vez, utilicen estas superficies para la agricultura, si hay un cambio de uso de suelo forestal pero es muy localizado.

A pesar de que se ha dado una fragmentación al ecosistema, actualmente se presentan especies de relevancia ecológica en la zona, tanto de flora como de fauna.





Imagen IV.103 En esta imagen se observa la comunidad La Mina, la cual ha generado actividades antropogénicas, (a) se presentan terrenos de cultivo y se observa la deforestación en el bosque por los habitantes, (b) apertura de terracerías, en los márgenes se presentan individuos de tallas grandes de pinos; (c y d) hay zonas conservadas de bosque templado, dominando por el estrato arbóreo.

*Selva seca*

1

En lo referente a este ecosistema identificado como sensible para el SAR, se observa que la selva baja caducifolia, presenta un estado de conservación alta, además de que alberga especies de relevancia ecológica, que si no fuera por su buen estado de conservación dichas especies no se establecerían en el sitio, por esto se le considera como **(1) Bajo – Poco importante**, gracias a que no ha sufrido modificaciones del entorno, conservando así su paisaje original, solamente se ha observado cercano al río Tehuantepec la presencia de pocos terrenos de cultivo ya que estos son de riego por eso de su ubicación.



Imagen IV.104 Estado actual de la selva baja caducifolia, la cual se presenta aun en estado primario.

▪ Contaminación 1

En lo referente a la contaminación a lo largo del proyecto, tanto en las zonas de asentamientos humanos como sitios de fácil acceso a los pobladores no se observó la presencia de residuos sólidos, ni de agentes contaminantes.

▪ Especies introducidas o exóticas 2

Se considera un valor medio, ya que solamente se presentan especies introducidas o exóticas las de uso doméstico.

▪ Prácticas de manejo inadecuadas 2

La zona donde se ubica el SAR, como ya se mencionó aun presenta vegetación primaria (selva) y semi conservada en la zona de los bosques, una de las principales afectaciones actuales se considera a la tala inmoderada, ya que hay sitios desprovistos de vegetación por esta práctica, ya que algunos pobladores de la zona la realizan para obtener leña para sus hogares. Este tipo de actividades fue observada más en la zona del bosque templado, ya que en estos sitio donde se ubican las localidades involucradas en el proyecto.



Imagen IV.105 Se observan zonas desprovistas de vegetación natural, esto gracias a la presión de los pobladores hacia el ecosistema, principalmente por la tala, para autoconsumo de leña.

Una vez identificados y evaluados los componentes del diagnóstico ambiental, se obtuvo un resultado de 31 puntos lo cual nos indica que el estado actual del SAR presenta una **calidad media**.

<b>(A) VALOR AMBIENTAL</b>	<b>Integridad ecológica</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
	<b>Hábitats</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
	<b>Endemismo</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
	<b>Especies amenazadas</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
	<b>Especies indicadoras de conservación</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
	<b>Biodiversidad</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
<b>(B) VALOR SOCIOECONÓMICO</b>	<b>Especies de importancia comercial</b>	<b>1</b>	BAJO - POCO IMPORTANTE
	<b>Importancia económica por sectores</b>	<b>1</b>	BAJO - POCO IMPORTANTE
	<b>Recursos estratégicos</b>	<b>0</b>	NO SE CONOCE - NO EXISTE
	<b>Recursos culturales</b>	<b>3</b>	ALTA - MUY IMPORTANTE
<b>(C) RIESGOS Y AMENAZAS</b>	<b>Modificación del entorno (bosque templado)</b>	<b>2</b>	MEDIO - IMPORTANTE
	<b>Modificación del entorno (selva seca)</b>	<b>1</b>	BAJO - POCO IMPORTANTE
	<b>Contaminación</b>	<b>1</b>	BAJO - POCO IMPORTANTE
	<b>Especies introducidas o exóticas</b>	<b>2</b>	MEDIO - IMPORTANTE
	<b>Prácticas de manejo inadecuadas</b>	<b>2</b>	MEDIO - IMPORTANTE
		<b>31</b>	<b>CALIDAD MEDIA</b>



#### IV.4 Bibliografía

- Acosta, S., Flores, A., Saynes, A., Aguilar, R., Aguilar y G. Manzanero (2003). Vegetación y flora de una zona semiárida de la cuenca alta del río Tehuantepec, Oaxaca, México. *Polibotánica*, 16:125-152.
- Aguilar, S.R., García, R. (2004). Catálogo de Plantas Reportadas como parte de la Dieta de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Región de la Cañada Oaxaqueña. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca.
- Andrade-Cetto, A. y Wiedenfeld, H. 2004. Hypoglycemic effect of *Acosmium panamense* bark on streptozotocin diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 90 (2004) 217–220.
- Aranda, M. 1996. Distribución y abundancia del jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en el estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 68:45-52.
- Arias, S. & T. Terrazas. 2001. Variación en la anatomía de la madera de *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cactaceae). *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot.* 72: 157–169.
- Arizmendi, M. C. 2008. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México: un estudio de abundancia y reproducción en la zona de la Cañada. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DT006. México D. F.
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental*, 1:6-16.
- Ávila-Najera, D.M. 2009. Abundancia del jaguar (*Panthera onca*) y de sus presas en el municipio de Tamasopo, San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecilo.
- Bennet, A.F. 1998. Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, RU.
- Berovides-Álvarez V. 2000. Método de valoración de la fauna para el ecoturismo. *Biología* 14, 108–113.
- Binford, L., 1989. “A distributional survey of the birds of the mexican state of Oaxaca”. *Ornithological Monographs* 43. Am. Orn. U. Washington, 418 pp.
- Biósfera, sala de prensa, noticias del medio ambiente. 2011. Cada vez son más las áreas destinadas voluntariamente a la conservación. Comunicado de prensa Núm. 529/11. México, DF.
- Bonilla-Sánchez YM, Pozo-Montuy G, Serio-Silva JC. 2011. Demografía y Evaluación del Habitat del Mono Aullador Negro *Alouatta pigra* en Playas de Catazajá, Chiapas. 187-206. En: Gama-Campillo L, Pozo-Montuy G, Contreras-Sánchez W, Arriaga-Weiss SL (editores). *Perspectiva en Primatología Mexicana*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Colección José N. Rovirosa.

- Bonilla-Sánchez YM, Serio-Silva JC, Pozo-Montuy G, Bynum N. 2010. Population status and identification of potential habitats for the conservation of the endangered black howler monkey *Alouatta pigra* in northern Chiapas, Mexico. *Oryx* 44:293–299.
- Bonilla-Sánchez, Y. M. 2006. Evaluación de la distribución y abundancia del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) identificando áreas potenciales para ecoturismo y conservación en Playas de Catazajá, Chiapas. Master of Science thesis, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, Mexico. 86 pp.
- Botello, F. L. 2006. Distribución, actividad y hábitos alimentarios de carnívoros en la Reserva Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Universidad Autónoma de México (UNAM).
- Botello, F., Monroy, G., Illoldi-Rangel, P., Trujillo-Bolio, I. y V. Sánchez-Cordero. 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 207-2010.
- Bray B. D., Durán M. E., Merino P. L., Torres R. S. M. y Velásquez M. A. 2007. Nueva Evidencia: Los bosques comunitarios de México protegen el ambiente, disminuyen la pobreza y promueven paz social. Informe de Investigaciones. UNAM, Centro de Investigación y Docencia Económica, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Internacional de Florida, Consejo Civil Mexicano para la Agricultura Sosostenible y Ofset Santiago (eds). México. 90 pp.
- Breña, P.A.F., Jacobo, V.M.A. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 26 pp.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: García-Mendoza, A.J., M.J., Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Briones-Salas, M., Lavariega, M.C. e I. Lira-Torres. 2012. Distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:246-257.
- Calzada, M. J. M. 2007. Mapas geoquímicos de metales pesados de suelos del Estados de Tlaxcala, México. Tesis de Grado de Maestría. UNAM-Centro de Geociencias.129 pp.
- Casariego-Madorell, M.A. List, R. y G. Ceballos. 2008. Tamaño poblacional y alimentación de la nutria de río (*Lontra longicaudis annectens*) en la costa de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*24(2):179-1999.
- Casariego-Madorell, M.A., List, R. y G. Ceballos. 2008. Tamaño poblacional y alimentación de la nutria de río (*Lontra longicaudis annectens*) en la costa de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24(2):179-200.
- Casas-Andreu, G., Méndez-de la Cruz, F. y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles. En: García-Mendoza, A.J., M.J., Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca.

Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.

- Casas-Andreu, G., Méndez-de la Cruz, F. y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles. En: García-Mendoza, A.J., M.J., Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Castellanos-Bolaños, Juan Francisco, Eduardo Javier Treviño-Garza, Óscar Alberto Aguirre-Calderón, Javier Jiménez-Pérez, Miguel Musalem-Santiago, Miguel;López-Aguillón, Ricardo. Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Instituto de Ecología, A.C. México Madera y Bosques, Vol. 14, Núm. 2, -, 2008, pp. 51-63
- CCAD-PNUD/GEF, 2002. “Proyecto Para La Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano”. CBM-CONAN
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos Silvestres de México. CONABIO y Fondo de cultura económica. México, D.F.
- Ceballos, G., Chávez, C., Rivera, A. y C. Manterola. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. En: Medellín, R.A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Redford, K., Robinson, J.G., Sanderson, E. y A. Taber (eds.). El Jaguar en el Nuevo Milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México D.F.
- Centeno-Carcía, E. 2004. Configuración geológica del Estado. En: García-Mendoza, A.J., Ordóñez, M.J.y Briones-Salas, M. (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, pp. 29-42.
- Centeno-García, E. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: García-Mendoza, A.J., Ordóñez, M.J. y Briones-Salas, M. (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, pp. 43-54.
- Challenger A. 1998. Utilización y Conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. CONABIO, Instituto de Biología UNAM y Agrupación Sierra Madre S. C. México, D.F.
- Chang-Ming Z., Wei-lie Ch., Zi-Q Tiang. y Zong-Quiang X. 2005. Altitudinal pattern of plant diversity in Shenongjia mountains Central China. Journal of Integrative Plant Biology 47:1431-1449.
- Chavela Rivas, S. 2011. Oaxaca cuenta con 8 áreas naturales protegidas. CNX Oaxaca. <http://www.cnxoaxaca.com/?mod=noticias&i=9189&is=6> (consultado febrero 2012).

- CIESA, 2013. Capítulo II. La Riqueza territorial del Istmo de Tehuantepec. Consulta en línea <http://www.ciesasgolfo.edu.mx/istmo/docs/tesis/DESARROLLO%20CORREDOR%20DEL%20ISTMO%20A.%20ZARATE/CAPITULO%20II.pdf> 109 pp.
- Cinta-Magallón, C., Bonilla-Ruiz, C., Alarcón-D., I. y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Cuadernos de investigación UNED. 4(1): 33-40.
- Cirelli-Villanova, V. 2005. Restauración ecológica en la Cuenca Apatlaco-Tembebe. Estudio de caso: modelado de la distribución de la nutria de río, *Lontra longicaudis annectens*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Universidad Autónoma de México (UNAM).
- CITES, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2012). <http://www.cites.org/eng/resources/pub/checklist08/Checklist.pdf> (consultado en septiembre, 2010).
- CNA. Estadísticas del Agua en México 2005, 2006 y 2007. Comisión Nacional del Agua. México. 2005, 2006 y 2007, y CNA. Estadísticas del agua en México 2007. Comisión Nacional del Agua. México. 2007. Conapo. II Censo de población y vivienda, 2005. México. 2006.
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 2012. <http://www.cdi.gob.mx/> (consultado febrero 2012).
- Compendio de Estadísticas Ambientales. 2008. La Degradación de los Suelos. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/03\\_suelos/cap3\\_2.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_2.html).
- CONABIO, 2013. En: García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1998). Mapa escala 1:1000000.
- CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA, FCF, UANL. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. En seguimiento al programa de trabajo de áreas protegidas, México, CDB-COP-7. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, A.C. México, D.F. [http://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/pdf\\_vacios/terrestre.pdf](http://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/pdf_vacios/terrestre.pdf) (consultado marzo 2012).
- CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA, FCF, UANL. 2007. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. Escala 1: 1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, D.F. (consultado marzo 2012).
- CONABIO. 2011. Fichas de especies prioritarias. Jaguar (*Panthera onca*). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- CONABIO. 2012. Portal de Geoinformación, Sistema Nacional de Información sobre biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (consultado marzo 2012).

- CONAFOR, Tipos de vegetación forestal y de suelos. (2009). Escala 1:250,000. D.F., México.
- CONAGUA. 2007. estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas del Río San Antonio, Río San Tequisistlán, Río Tehuantepec 1 y Río Tehuantepec 2, mismos que forman parte de la porción de la región hidrológica denominada Río Tehuantepec. Diario oficial de la Federación. Consulta en línea. 10 pp
- CONANP. (2003). Programa de manejo Parque Nacional Huatulco.
- Consejo Veracruzano del Agua. 2000. <http://www.csva.gob.mx/pagindex.php>.
- Cotler H., Garrido A., Mondragón R., Díaz A. 2007. Delimitación de cuencas hidrográficas de México, a escala 1:250,000, INEGI-INE-CONAGUA. Documento técnico. México. 35 pp.
- Cram, S., Cotler, H., Morales, L.M., Sommer, I., Carmona, E. (2008). Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, 66: 81-104.
- Del Castillo R. F., Pérez de la Rosa J. A., Vargas-Amado V. G. y Rivera-García R. 2004. Coníferas. En: García-Mendoza A. J., Ordoñez M. J. y Briones-Salas M. A. Eds. Biodiversidad de Oaxaca, pp. 55-56, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México.
- Del Río, M., Montes, F., Cañelast., Montero, G. 2003. Revisión de índices de Diversidad Estructural en las Masas Forestales. Investigaciones Agrarias. Sistemas de Recursos Forestales 12(1):159-176 pp.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. (2007). ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas que forman parte de la región hidrológica denominada Río Tehuantepec. México.
- Elliott, D., M. Schwartz, G. Scott, S. Haymes, D. Heimiller y R. George. 2004. Atlas de recursos eólicos del estado de Oaxaca. NREL/TP-500-35575. 138 pp.
- E-Local. 2012. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Oaxaca. [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_oaxaca](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_oaxaca) (consultado febrero 2012).
- Enciclopedia de los Municipios de México. 2012. Estado de Oaxaca. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/> (consultado febrero 2012).
- Enciclopedia de los Municipios de México-Oaxaca. 2012. Oaxaca. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM20oaxaca/Economia.html> (consultado marzo 2012)
- Encina D. J. E. y Villareal, Q. J. A. 2002. Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Coahuila, México. Revista Polibotánica 13:1-23.
- Encina-Domínguez, J. A., Zárate-Lupercio A., Valdéz-Reyna J. y Villareal-Quintanilla J. A. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé. Coahuila, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 81:51-63.

- Factores de Erosión. 2013. Erosión hídrica del suelo: factores. Consulta en línea. [http://edafologia.ugr.es/erosion/tema3\\_factores/3\\_factores2008.pdf](http://edafologia.ugr.es/erosion/tema3_factores/3_factores2008.pdf). 33pp.
- FAO. 2007. Base referencial mundial del recurso suelo, un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Segunda edición 2006. IUSS, ISRIC, FAO. 130 pp.
- Farhig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 34:487-515.
- Forman, R. T. y Alexander. I. E. 1998. roads and their major ecological effects. En: *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- Gallo, J.R. 1989. Distribución y estado actual de la nutria o perro de agua (*Lutra longicaudis annectens* Major, 1987) en la Sierra Madre del Sur, México. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Universidad Autónoma de México (UNAM).
- Gallo-Reynoso, J. P. 1989. Distribución y estado actual de la nutria o perro de agua (*Lontra longicaudis annectens* Major, 1897) en la Sierra Madre del Sur, México. Tesis, Maestría en Ciencias, Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Gallo-Reynoso, J. P. 1996. Distribution of the neotropical river otter (*Lontra longicaudis annectens* Major, 1897) in the Río Yaqui, Sonora México. *IUCN. Otter Specialist Group Bulletin* 13:27-31.
- García L. y J. Hernández. (no publicado). Técnicas de simulación infográfica de paisajes y construcciones. Consultado en línea: <http://www.unex.es/investigacion/grupos/innova/archivos/ficheros/publi/2001.TecnicasSimuFAME.PDF>.
- García P. P. 2000. La región de la Sierra Juárez, las propiedades comunales y el desarrollo sustentable. Programa de desarrollo forestal comunitario, World Wildlife Fund, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Oaxaca, México.
- García-Mendoza A., Lezama T. y Reyes S. J. 1994. El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México. *Acta Botánica Mexicana.* 27:53-73.
- García-Mendoza, A.J., Ordóñez M.J. y M.A. Briones, eds. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza y World Wildlife Fund (WWF), México.
- Garrido P. A. L y N. Bautista G. 2000. Diagnóstico de la contaminación del agua en el estado de Oaxaca. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Calle Hornos 1003 Sta. Cruz Xoxocotlán, Oax. C.P.71 230 Tel y Fax 70610. E-mail [palg@oax1.telmex.net.mx](mailto:palg@oax1.telmex.net.mx).



- Gittleman J. L., Funk, S. M, Macdonald, D. W. y R. K. Wayne. 2001. Why carnivore conservation? En: Gittleman J. L., Funk, S. M., Macdonald D. W. y R. K. Wayne. 2001. Carnivore Conservation. Cambridge University.
- Gobierno del Estado de Oaxaca. 2012. [http://www.oaxaca.gob.mx/?page\\_id=94](http://www.oaxaca.gob.mx/?page_id=94) (consultado marzo 2012).
- Gonzales, A. (2008). Los bosques de Oaxaca: Una visión de fin de siglo. Grupos Mesófilo.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, L. Galindo-Jaimes, A. Camacho-Cruz, D. Golicher, L. Cayuela y J. M. Rey-benayas. 2009. Tendencias y proyecciones del uso y la diversidad florística en los altos de chiapas. *mexico. investigación ambiental*. 1(1):40-53.
- González-Medrano, F. y F. Chiang, 1988. “Diversidad florística y fitogeográfica de las zonas áridas del centro y sur de México”. Resumen de ponencias. Simposio sobre diversidad biológica de México, Oaxtepec, pp. 34-36.
- Goteli, N. y R. Colwell, 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters* 4:379-391.
- Goteli, N. y R. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters* 4:379-391.
- Gould W. A., González G. y Carrero R. G. 2006. Structure and composition of vegetation along an elevational gradient in Puerto Rico. *Journal of Vegetation Science* 17:656-664.
- Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales. 2004. Organización panamericana de la salud. Lima, Peru. 25 pp.
- Hai-Bao R., Shu-Kui N. y Li-Yang Z. 2006. Distribution of vascular plants richness along an elevation gradient in the Dogling Mountains Beijing, China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48:16-143.
- Hernández, S. J. R., M. A. Ortiz P. y M. F. Mah E. 2009. Morphostructural analysis of the Oaxaca State, Mexico: an approach of typological classification of the relief. *Invest. Geog, México*, n:68, abr. 2009. Disponible en <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018846112009000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018846112009000100002&lng=es&nrm=iso)>. accedido en 01 marzo 2012.
- Hernández, S. M. A. Ortiz P. y J.J. Zamorano Orozco. 1994. Regionalización morfoestructural de la Sierra Madre del Sur, México. Instituto de Geografía Tropical, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, La Habana, Cuba. *Instituto de Geografía de la UNAM. Investigaciones Geográficas Boletín* 31: 45-67 pp.
- INEGI. 1990. XI Censo General de Población y Vivienda.
- INEGI. 1995. Censo de Población y Vivienda.
- INEGI. 2000. XII Censo General de Población y Vivienda.
- INEGI. 2002. Conjunto de datos geológicos vectoriales, escala 1:1,000,000

- INEGI. 2005. II Censo de Población y Vivienda.
- INEGI. 2007. Anuario de estadísticas por unidad federativa. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México, D. F.
- INEGI. 2009. Conjunto de datos geológicos vectoriales, escala 1:250,000.
- INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda.
- INEGI. 2010a. Provincias fisiográficas Estado de Oaxaca. [mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/definiciones/provincia.cfm](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/definiciones/provincia.cfm).
- INEGI. 2010b. Subprovincias fisiográficas Estado de Oaxaca. [mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/definiciones/provincia.cfm](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/definiciones/provincia.cfm)
- INEGI. 2012. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos. <http://sc.inegi.org.mx/sistemas/cobdem/consulta-por-ageo.jsp?recargar=true> (consultado febrero 2012).
- INEGI. 2012a. Síntesis de información geográfica del estado de Oaxaca. Consulta en línea. [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/sintesis/oaxaca/sigeoaxaca\\_aspectosgenerales.pdf](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/sintesis/oaxaca/sigeoaxaca_aspectosgenerales.pdf)
- INEGIb, 2012. Capa de Hidrografía y Simulador de flujos. Consulta en línea.
- Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. 2010. Gobierno del Estado de Oaxaca 2010 – 2016. [http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/rec\\_nat/images/ANP\\_s.pdf](http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/rec_nat/images/ANP_s.pdf) (consultado marzo 2012).
- Iñigo-Elías, E. 1999. La Guacamaya verde y escarlata en México. Biodiversitas. (5) 25pp.
- Iñigo-Elías, E. 1999. La Guacamaya verde y escarlata en México. Biodiversitas. (5) 25pp.
- IUCN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Lista Roja de Especies Amenazadas. <http://www.iucnredlist.org/> (consultado en agosto, 2010).
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología. 8:151:161.
- Juan, R. J.I. 2013. Capítulo III. Los Huertos Familiares en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur. Consulta en línea. <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013/1251/provincia-fisiografica-sierra-madre-sur.html>.
- Kharkwal G., Mehrotra P., Rawat Y. S. y Pabgtey, Y. P. S. 2005. Phytodiversity and growth form in relation to altitudinal gradient in the central Himalayan (Kumaun) región of India. Current Scienza 9:873-878.
- Koleff, P. y T. Uquiza-Haas. 2011. Conservación de la diversidad terrestre: planeación, reflexiones y lecciones aprendidas. En: Koleff, P. y T. Uquiza-Haas (coord.). Planeación para la conservación de la Biodiversidad terrestre en México: retos de un país megadiverso. CONABIO-CONANP-SEMARNAT.

- Koleff, P. y T. Uquiza-Haas. 2011. Conservación de la diversidad terrestre: planeación, reflexiones y lecciones aprendidas. En: Koleff, P. y T. Uquiza-Haas (coor.). Planeación para la conservación de la Biodiversidad terrestre en México: retos de un país megadiverso. CONABIO-CONANP-SEMARNAT.
- Koleff, P., Tambutti, M. March, I.J., Esquivel, R., Cantú, C. y A. Lira-Noriega. 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México.
- Koleff, P., Tambutti, M., March, I.J., Esquivel, R., Cantú, C., Lira-Noriega, A. et al. 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México.
- Korner, C. 2007. The use of “altitude” in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution* 22:669-574.
- Loa L, E, M. Cervantes A., L. Durand S. y A. Peña J. 1996 Uso de la Biodiversidad. En CONABIO. La biodiversidad biológica de México. Estudio de país CONABIO México. Pp. 104-103
- Lomolino M. 2001. Elevation-Gradient of satellite-derived vegetation indices. *Diversity and Distributions*. 13:609-703.
- López, G.P.A., Bautista, G. N. (2000). Diagnóstico de la contaminación del agua en el estado de Oaxaca. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.
- Lorne B. B. 1996. Changes on altitudinal and altitudinal gradients. Tesis Doctoral. School of Arts and Sciences, Washington University, Washington. 275 pp.
- Luis I. González De Vallejo, Mercedes Ferrer. 2002. Ingeniería geológica. Prentice Hall. 744 pp.
- Luna J. A., Montalvo E. L. y Rendón, A. B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 72:107-147.
- Mace, G.M., Poissingham, H.P. y N. Leader-Williams. 2007. Prioritizing choice in conservation. En: Macdonald, D.W. y K. Service (eds.). *Key Topics in Conservation Biology*. Blackwell Publishing.
- Macías-Sánchez- 2003. Evaluación del hábitat de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) en dos ríos de la zona centro del estado de Veracruz, México. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL).
- Manríquez, F. J. y J. J. Ibáñez, 2012. Material Bibliográfico de Base Página Web de la WRB, Clasificación WRB 2006.2007 Lecture notes on the major soils of the world (versión personal traducida al español por Javier Manríquez Cosío). Versió digital.

- Marcial, J.R. (2011). Implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en los servicios ambientales hidrológicos de la comunidad de Capulálpam de Méndez. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ciencias Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez.
- Martínez S. N.; Pérez C. V. y Vázquez, M. S. 2009. La problemática de las áreas naturales protegidas en Oaxaca. Ciencias, núm. 96, octubre-diciembre, 2009, pp. 24-27. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=644149980009> (consultado marzo 2012).
- Martínez-Ramírez, E., I. Doadrio Villarejo y A. de Sostoa Fernández. 2004. Peces continentales. En: García-Mendoza, A.J., M.J., Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Martínez González, José Concepción; Bonilla Bada, José Joaquín. (2005). Situación de la pitaya de mayo *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum en tres localidades de la Mixteca Baja. *Revista de Geografía Agrícola*, enero-junio, 75-90.
- Márquez, L.M., E. Jurado y S. González. 2006. Algunos aspectos de la biología de la manzanita (*Arctostaphylos pungens* HBK.) y su papel en el desplazamiento de los bosques templados por chaparrales. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* 9:57–64.
- Masera, O.R., M.J. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican Forests: Current Situation and Long-term Scenarios, *Climatic Change* 35: 265-295.
- Masera, O.R., Delia, C.A., Ordoñez, A. (2001). Forestry Mitigation Options for Mexico: Finding Synergies Between National Sustainable Development Priorities and Global Concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 6:291–312.
- McGinley, M. y C.M. Hogan. 2008. "Biological diversity in Mesoamerica". En: Cleveland C. J (ed.). *Encyclopedia of Earth*. Washington, D.C. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. ([http://www.eoearth.org/article/Biological\\_diversity\\_in\\_Mesoamerica](http://www.eoearth.org/article/Biological_diversity_in_Mesoamerica))
- MEXU, Herbario Nacional de México. <http://unibio.unam.mx/minidigir/> (consultado en Septiembre, 2010).
- Miller, B. y A. Rabinowitz. 2002. ¿Por qué conservar al jaguar? En: Medellín, R.A., Equihua, C., Chetkiewics, C., Rabinowitz, A., Redford, K., Robinson, J.G., Sanderson, E. y A. Taber (eds.). *El Jaguar en el Nuevo Milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México D.F.
- Mills, L.S. 2007. *Conservation of Wildlife Populations*. Blackwell Publishing.

- Miranda, F. 1955. “Formas de vida vegetales y el problema de la delimitación de las zonas áridas de México”. En Mesas redondas sobre problemas de las zonas áridas de México. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov. México. DF. Pp 85-119.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica en México. En: Sarukan, J. V. y R. Dirso (Comps). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. México.
- Morán-Zenteno, Dante J., Martiny, B., Tolson, G., Solís Pichardo, G., Alba Aldave, L., Hernández-Bernal, M. del S., Macías Romo, C., Martínez Serrano, R.G., Schaaf, P., Silva Romo, G. (2000). Geocronología y características geoquímicas de las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur: Bol. de la Sociedad Geológica Mexicana, T. LIII, No. 1, p. 27-58.
- NATURA-MEDIO AMBIENTAL (2011). Sitio de Información sobre la Ciencias y el Medio Ambiente. <http://www.natura-medioambiental.com/> (Consultado en Mayo, 2013).
- Navarro, A.G., E.A. García-Trejo, A.T. Peterson y V. Rodríguez-Contreras. 2004. Aves. En: García-Mendoza, A.J., M.J., Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Navarro, A.G., E.A. García-Trejo, A.T. Peterson y V. Rodríguez-Contreras. 2004. Aves. En: García-Mendoza, A.J., M.J., Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Navarro, H. J., Vélez, R. M., Rojo S. A. 2000. Efecto de las carreteras en los ríos; estudio preliminar de producción y emisión de sedimentos en las obras de A-63 Asturias. Ingenierías agrarias y Forestal. Palencia España. 9 pp.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- Odum E. P. 1985. Ecología. McGrawHill, Interamericana. México.
- ONU. (2003). Agua para todos, agua para la vida: informa de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Francia.
- Ortiz-Pérez M. A., Hernández-Santana J. R. y Figueroa-Mah-Eng, J. M. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En García-Mendoza A. J., Ordóñez M. J. y Briones-Salas M. A. Eds. Biodiversidad de Oaxaca pp. 141-158, Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, Wordl Wildlife Fund, México.
- Ordóñez, José Antonio Benjamín; Masera Omar, 2001 Captura de Carbono ante el cambio climático, Madera y Bosques 7(1), 3-12, Instituto de Ecología A.C. Xalapa México.
- Ordóñez, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F.

- Ordóñez, A. 1999. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México D.F.
- Padilla, E. G. 2007. Estudio ecológico y etnobotánico de la vegetación del municipio de San Pablo Etla, Oaxaca. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo integral regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca. 162 pp.
- PEFO. 2008. Programa Estratégico Forestal del Estado de Oaxaca 2007-2030. SEMARNAT-CONAFOR.<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/187Programa%20Estrat%203%a9gico%20Forestal%20del%20Estado%20de%20Oaxaca.pdf> (consultado febrero 2012).
- Plan Comunitario de Uso del Suelo de la Comunidad de Santa María Zoquitlan, Oaxaca, Pimera Fas. 2008. [http://www.era-mx.org/estudios\\_caso/OCT\\_Zoquitlan\\_I.pdf](http://www.era-mx.org/estudios_caso/OCT_Zoquitlan_I.pdf)
- Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Santa Ana Tavela. 2008. H. Ayuntamiento Constitucional de Santa Ana Tavela. [http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion\\_publica/pmds/357.pdf](http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/357.pdf)
- Plazas G., Erika A.; Cuca S., Luis E.; Delgado A., Wilman A.. (2008). FLAVONOIDES AISLADOS DE LAS INFLORESCENCIAS DE Piper hispidum Kunth (PIPERACEAE) Y DERIVADOS ACETILADOS. Revista Colombiana de Química,. 135-144.
- PROMEXICO. 2012. Proméxico, Inversión y comercio. [http://mim.promexico.gob.mx/Documentos/PDF/mim/FE\\_OAXACA\\_vf.pdf](http://mim.promexico.gob.mx/Documentos/PDF/mim/FE_OAXACA_vf.pdf) (consultado febrero 2012).
- Ricardo López-Aguillón. 2008. Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México Madera y Bosques. 14(2): 51-63.
- Roberge, J.M. y P. Angelstam, 2003. Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. Conservation Biology. 18(1):76-85.
- Roberge, J.M. y P. Angelstam. 2003. Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. Conservation Biology. 18(1):76-85.
- Rodríguez, T.D. (2012). Disponibilidad del agua y riesgo hidrológico en los escurrimientos de la cuenca del Río Copalita, con un modelo estocástico. Tesis que para obtener el grado de Maestría en Ingeniería Civil. Instituto Nacional Politécnico. 17-22 pp.
- Rodríguez-Olivet, C. y N. Asquith, 2004. Región Norte del Hospot de Biodiversidad de Mesoamérica: Belice, Guatemala, México. Critical Ecosystem Partnership Fund.
- Rodríguez-Olivet, C. y N. Asquith. 2004. Región Norte del Hospot de Biodiversidad de Mesoamérica: Belice, Guatemala, México. Critical Ecosystem Partnership Fund.
- Rodríguez-Soto, C., Monroy-Vilchis, O., Maiorano, L., Boitani, L., Faller, J., Briones, M.A., Núñez, R., Rosas-Rosas, O., Ceballos, G. y A. Falucci. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. Diversity and Distributions, 17:350-361.



- Rosenberg, D., B. Noon y C. Meslow. 1997. Biological corridors: form, function, and efficacy. *BioScience* 47(10):677-687.
- Ruiz-González, A., Gurrutxaga, M., Madeira, M.J., Lozano, P.J., Fernández, J.M y B.J Gómez – Molier. 2010. Memoria del proyecto UE07/02 Estudio de la conectividad ecológica en la CAPV. Genética del Paisaje aplicada sobre una especie-objetivo de la Red de Corredores Ecológicos: la marta europea (Marta martes). Universidad del País Vasco (UPV-EHU)- IKT.
- Ruiz-González, A., Gurrutxaga, M., Madeira, M.J., Lozano, P.J., Fernández, J.M y B.J Gómez – Molier. 2010. Memoria del proyecto UE07/02 Estudio de la conectividad ecológica en la CAPV. Genética del Paisaje aplicada sobre una especie-objetivo de la Red de Corredores Ecológicos: la marta europea (Marta martes). Universidad del País Vasco (UPV-EHU)- IKT.
- Rzedowski J. 1994. Vegetación de México. Limusa. México. Pp. 432.
- Rzedowski, J. (1979). Los bosques secos y semihúmedos de México con afinidades neotropicales, en Ravinovich and Halffter (eds.), Tópicos de ecología contemporánea. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 37-48.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14:3-21.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. CONABIO <http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/librosdigitales/VegetaciondeMexico/Portadaypaglegales.pdf>.
- Rzedowski, J., 1973. “Geographical relationships of the Flora of Mexican dry regions”. In: Graham, A. (Ed.) *Vegetation and vegetational history of Northern Latin America*. Elsevier Scientific Co.Amsterdam, pp. 61-72.
- Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. 1ª Edición Digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SAGARPA. 2009. Control de cárcavas. Especialidad de hidrociencias del colegio de postgraduados, Montecillos, Estado de México. 9 pp.
- Salas M. S. H., A. Saynes V. y L. Schibli. 2003. Flora de la costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la sociedad botánica de México*. Sociedad Botánica de México, A. C. Distrito Federal, México (072):21-58 pp.
- Salom-Pérez, R., Polisar, J., Quigley, H. y K. Zeller. 2010. Iniciativa Corredor del jaguar: un corredor biológico y un compromiso a largo plazo para la conservación. *Mesoamericana* 4(3):25-34.
- Sánchez, O., Medellín, R., Aldama, A., Goettsch B., Soberón J., y, 2007. Cap. 7. Evaluación de riesgo de extinción de Lontra longicaudis de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001. En: Método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). INE-SEMARNAT-CONABIO.

- Sánchez, O., Medellín, R., Aldma, A., Goettsch, B., Soberón, J. y Marcia Tambutti. 2007. Método de evaluación de riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México (MER). SEMARNAT-INE-UNAM-CONABIO.
- Santacruz de León, G. 2011. Estimate of water erosion and its relationship to land use in the Cohoacan river barsin, Chiapas, México Aqua-LAC 3(1):45-54 pp.
- SEDUE. 1986. Regionalización ecológica del Territorio. Servicios especializados de desarrollo urbano y ecología. México. 126 pp.
- SEMARNAP. 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los psitácidos en México. Proyecto para la recuperación de especies prioritarias. SEMARNAP-INE.
- Serrano, A. V. y M.A. Cano G. 2003. Caracterización del medio físico del estado de Oaxaca y sus distritos políticos. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias; centro de investigación regional Pacífico Sur y campo experimental costa oaxaqueña. Folleto técnico Núm. 4. ISSN-1405-1419. 23 pp.
- Shreve, F., 1942. "The desert vegetation of North America". Bot. Rev., 8(4):195-246.
- Silveira, L., de Mello B., Franco F., Valdujo, P.H, Dixo, M., Kruth, V., Mendes G. y P. Monteiro. 2010. What use do fauna inventories serve? Estudos Avançados 24(68): 173-207.
- Silver, S.C., Ostro L.E.T, Marsh, L.K., Maffei, L., Noss, A.J., Kelly, M.J., Wallace R.B., Gomez, H. y G. Ayala. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. Oryx. 38(2):1-7.
- SINAP. 2012. Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/sinap.php](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/sinap.php) (consultado marzo 2012).
- SIPAZ. 2012. Oaxaca en Datos. [http://www.sipaz.org/data/oax\\_es\\_01.htm](http://www.sipaz.org/data/oax_es_01.htm) (consultado febrero 2012).
- SNIM. 2005. Sistema Nacional de Información Municipal. Versión 7.0. para Windows. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.
- SNIM. 2012. Sistema Nacional de Información Municipal. <http://snim.rami.gob.mx/> (consultado febrero 2012).
- Terence D. Pennington y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México, manual para la identificación de las principales especies. UNAM. Fondo de cultura económica. 523 pp.
- Tipper, R. 2000. Carbon offsets from forestry projects in developing countries. Report commissioned by the Department of the Environment, Transport, and Regions. ECCM, Edimburgo. 27 pp.
- Tolson, G. (2005). La falla Chacalapa en el sur de Oaxaca. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen conmemorativo del centenario, grandes fronteras tectónicas de México. LVII: 111-122.

- Trejo, I., Hernández, J. (1996). Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 5:11-18.
- Vázquez G. A. y Givnish J T. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition structure and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal o Ecology* 86:999-1020.
- Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz, G.J.R., Mayorga, S.R., Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., Palacio, J.L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 062:21-37.
- Vovides, A.P., Luna V. y Medina G. (1997). Relación de algunas plantas y hongos mexicanos raros, amenazados o en peligro de extinción y sugerencias para su conservación. *Acta Botánica Mexicana* 39: 1-42.
- Whittaker R. H. 1972. Evolution and Measurement of species diversity. *Taxón* 21:213-251.
- Yunuhé, Zacarías Eslava. 2009. Composición y Estructura del Bosque Templado de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, a lo largo de un Gradiente Altitudinal. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Tesis de Posgrado. Resumen 3 pp.
- Zamudio, S., 1984. “La vegetación de la cuenca del río Estórax en el estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas”. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. De México. México, DF, 275 pp.

#### Glosario:

- **Alimentos:** todos que se derivan de las plantas, los animales, los hongos y los microorganismos
- **Combustibles:** los derivados de los tejidos leñosos y lignificados de las plantas las excretas de los animales y los gases inflamables producto de la descomposición
- **Fibras y pieles:** para vestimento, techos, redes, etc.(plantas: algodón, ixtle, lechuguilla; animales: venado, conejo, gusano de sed)
- **Plantas y compuestos medicinales y herbolaria:** productos y subproductos de origen natural utilizados en el tratamiento de enfermedades
- **Recursos genéticos:** Derivados de la flora, fauna, hongos y microorganismos microorganismos de origen natural, semi domesticados o domesticados, para el mejoramiento de productos alimenticios, farmacéuticos y ornamentales para uso en la elaboración de artesanías, para la producción de compuestos químicos, biorremediación, etc.
- **Materiales:** materiales para la construcción Madera, hojas, tierra, arcilla, grava, etc.
- **Recursos ornamentales:** Plantas, animales, hongos y microorganismos, así como sus partes y derivados (flores, hojas, plumas, pieles, conchas, tintes, etc.)



## Contenido

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	2
V.1 Identificación de los impactos ambientales.....	2
V.1.1 Técnicas para identificación y evaluación de impactos .....	2
V.1.2 Identificación de los impactos ambientales .....	4
V.1.3 Indicadores de impacto .....	8
V.1.4 Metodología empleada para la identificación y evaluación de impactos.....	15
V.1.5 Evaluación cualitativa (Matriz Causa-Efecto) .....	16
V.2 Evaluación .....	32
V.2.1. Caracterización de los impactos ambientales y sociales.....	32
V.3 Resultados de la evaluación de los impactos.....	37
V.3.1 Resultados de la importancia y magnitud de los impactos.....	37
V.3.2 Impactos por la eliminación de los túneles (10 estructuras). .....	99
V.4 Bibliografía .....	113

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

### V.1 Identificación de los impactos ambientales

#### V.1.1 Técnicas para identificación y evaluación de impactos

Con el objetivo de identificar, caracterizar y determinar la incidencia de cada uno de los impactos ambientales asociados con la realización del proyecto (tramo 2), describiremos a continuación la metodología empleada.

Con base en la información relativa a las obras y actividades que comprenderá la realización del proyecto que se le ha denominado: MITLA-TEHUANTEPEC, Tramo 2 del km 72+500 al km 165+838.37, así como, en la caracterización del Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR), se procedió a:

- Identificar las principales actividades que pueden ser fuentes de presión ambiental para cada una de las etapas de desarrollo del proyecto;
- Determinar los impactos potenciales que se derivaran de la realización del proyecto;
- Elaboración de la matriz de causas-efectos y matriz de importancia;
- Estimación cualitativa y cuantitativa de impactos sobre los factores del medio y valoración final de los impactos que la actividad produce en su conjunto;
- Determinación de la magnitud del impacto sobre cada factor
- Resultados de los impactos significativos (Importancia + magnitud).

Las actividades antes mencionadas se realizaron de acuerdo a la imagen V.1, por lo que, para facilitar su comprensión, se ha dividido en dos principales actividades: 1) identificación y 2) evaluación cualitativa y cuantitativa.



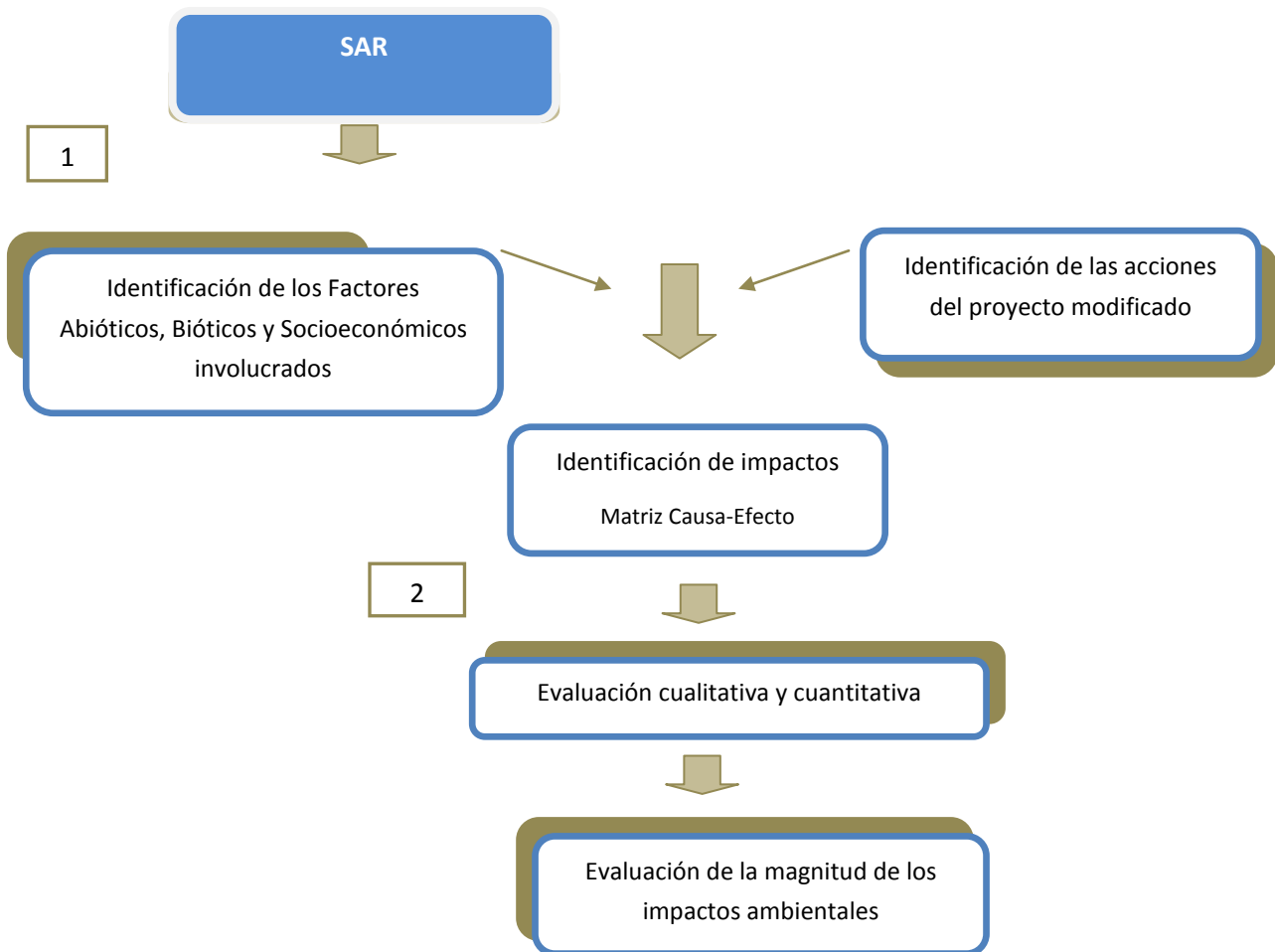


Imagen V.1 Proceso para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales que se ocasionaran por el proyecto carretero (tramo 2).

## V.1.2 Identificación de los impactos ambientales

A partir de la interacción proyecto-entorno, se determinan los impactos ambientales a generarse; y para fundamentar su análisis, el proyecto debe aportar información con respecto a sus diferentes fases de ejecución, por lo que, esta tarea consiste en estudiar los elementos y procesos del mismo que ocasionarán los impactos ambientales (objeto de la evaluación), así mismo, se requiere del estudio del entorno donde se desarrollará el proyecto, concepto que se ha denominado a la parte del medio ambiente que interacciona con éste en términos de recursos, soporte de elementos físicos y receptor de efluentes a través de los vectores ambientales aire, agua y suelo, así como, el aspecto social.

Estos elementos fueron los dos primeros pasos para conocer los aspectos que se encuentran implicados en la interacción de los factores que potencialmente pueden ser afectados o incluso ser benéficos en el área donde el proyecto se desarrollará (Gómez, 2003).

La importancia de la delimitación del “SAR y Área de influencia” en la evaluación, deriva de su papel como ámbito de referencia como primer paso, así mismo, una vez delimitada el área, un paso importante para la identificación de los impactos, consistió en sintetizar y ordenar la información relacionada con las actividades de cada una de las obras del proyecto en sus diferentes etapas: Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento (Gómez, 2003).

### V.1.2.1 Actividades del proyecto

Para la identificación y evaluación de cada una de las actividades del proyecto que serán los que originarán los impactos, se presentarán para mejor análisis en una matriz de causa - efecto, con el objeto de diferenciar que actividades serán las que ocasionen los impactos ambientales para cada factor ambiental.

En la siguiente tabla se presenta una lista de las actividades en sus diferentes etapas que se requerirán para el proyecto (tramo 2) y que son como consecuencia las que ocasionarán los cambios en el sistema ambiental (Ver Tabla V.1).

Tabla V.1 Lista de actividades identificadas para las diferentes etapas del proyecto (tramo 2).

CONCEPTOS DE OBRA	DESGLOSE DE LAS ACTIVIDADES
OBRAS PROVISIONALES Y ASOCIADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles</li> <li>▪ Construcción de caminos de acceso a frentes de trabajo y obras de drenaje mayor</li> <li>▪ Explotación de bancos de préstamo</li> <li>▪ Uso de bancos de tiro</li> </ul>
TERRACERIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desmonte</li> <li>▪ Cortes               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Despalme</li> <li>▫ Excavaciones en corte</li> </ul> </li> <li>▪ Terraplenes               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Formación de terraplenes</li> <li>▫ Construcción capa subyacente y subrasante</li> </ul> </li> </ul>
DRENAJE MENOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de obras de drenaje menor</li> <li>▪ Construcción de obras complementarias de drenaje (cunetas, bordillos y lavaderos)</li> </ul>
PAVIMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de base hidráulica</li> <li>▪ Aplicación de riego de impregnación</li> <li>▪ Aplicación de riego de liga</li> <li>▪ Construcción de la carpeta de concreto hidráulico</li> <li>▪ Aplicación del riego de sello 3-E</li> </ul>
SEÑALAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colocación de Señalamiento Vial (Señales Preventivas, Restrictivas, Informativas)</li> <li>▪ Señalamiento Horizontal</li> </ul>
PUENTES Y VIADUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de infraestructura</li> <li>▪ Construcción de subestructura</li> <li>▪ Construcción de superestructura</li> </ul>
TÚNELES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excavación y tratamiento de los portales (entrada y salida)</li> <li>▪ Excavación del portal</li> <li>▪ Excavación central</li> <li>▪ Iluminación</li> </ul>
OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entronques</li> <li>▪ Pasos inferiores vehiculares</li> <li>▪ Pasos superiores vehiculares</li> <li>▪ Paso superior peatonal</li> <li>▪ Pasos superior de personas y ganado</li> <li>▪ Rampas de emergencia</li> <li>▪ Paraderos</li> <li>▪ Mirador</li> </ul>

### V.1.2.2 Factores ambientales

Una vez identificadas las acciones del proyecto, se determinó los componentes del ambiente que serán impactados (Ver tablaV.2). Los factores ambientales son susceptibles de recibir impactos por el desarrollo de las actividades del proyecto en cuestión, y de acuerdo a Gómez Orea (2003) la complejidad del entorno y su carácter de sistema aconseja disponer los efectos relevantes en varios niveles, de esta manera el último nivel representará subfactores simples y concretos, por lo tanto, a continuación se presenta los factores y subfactores que potencialmente serán impactados por el proyecto.

Tabla V.2 Lista de factores socio-ambientales que potencialmente son impactados en las diferentes etapas del proyecto modificado.

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR
Físico Natural	Medio Inerte	ATMOSFERA	Nivel de gases de combustión
			Polvos, humos, partículas en suspensión
			Confort Sonoro Diurno
			Confort Sonoro Nocturno
			Microclima
		SUELO	Relieve y carácter topográfico
			Contaminación del suelo y subsuelo
			Fertilidad del suelo
		HIDROLOGÍA	Régimen Hídrico
			Calidad química y biológica del agua
		PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Dinámica de cauces
			Transporte de sólidos
			Incendios

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR	
			Drenaje superficial	
			Erosión	
			Estabilidad	
			Compactación	
	<b>Medio Biótico</b>	<b>VEGETACIÓN</b>		Vegetación de zonas templadas en estado secundario
				Vegetación de zonas cálidas en estado primario
				Vegetación de zonas cálidas en estado secundario
				Vegetación riparia en estado primario
				Especies bajo la NOM-059
				Especies prioritarias para la conservación
		<b>FAUNA</b>		Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-SEMARNAT-2010)
				Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-SEMARNAT-2010)
				Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-SEMARNAT-2010)
				Especies y poblaciones en general
				Especies de ictiofauna nativas y de consumo
				Hábitats faunísticos de especies silvestres
		<b>PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO</b>		Movilidad de especies
				Pautas de comportamiento
		<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>		Visibilidad
				Calidad Paisajística

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR
			Fragilidad
	Usos del Suelo	PRODUCTIVO	Uso agrícola
			Uso urbano
Población y Actividades	Población	DINAMICA POBLACIONAL	Asentamientos irregulares
		ESTRUCTURA DE OCUPACIÓN	Población ocupada por sector económico
		CARACTERISTICAS CULTURALES	Zonas arqueológicas
	Estilos de vida		
	Aceptabilidad social del proyecto		
	Economía	ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	Salud y seguridad
			Actividades económicas inducidas
		INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	Infraestructura vial
			Equipamiento y servicios

### V.1.3 Indicadores de impacto

La capacidad de identificar de manera adecuada los indicadores del entorno es fundamental para tomar mejores decisiones; una elección incorrecta de la información o una pobre comprensión de lo que significa el indicador, puede llevar a interpretaciones y acciones equivocadas. Por ello, es importante enfatizar que un indicador es una herramienta y no un fin mismo (SEMARNAT, 2005).

En el campo ambiental se han desarrollado indicadores para entender, describir y analizar distintos fenómenos como el clima, la pérdida de suelos y el riesgo de especies, entre muchos otros. Si bien el uso de indicadores ambientales se ha extendido, no existe una definición única del concepto y éste varía de acuerdo a la institución y a los objetivos específicos que se persiguen (SEMARNAT, 2005).



Para la evaluación de impacto ambiental se consideraron los siguientes indicadores:

### V.1.3.1 Lista indicativa de indicadores de impacto

#### ATMÓSFERA

- Niveles de gases de combustión.
  - Inmisión (concentración de cada tipo) de contaminantes a la atmósfera en el Área de influencia y SAR. Unidad de medida p.p.m
  - Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, establecidos en la NOM-041-SEMARNAT-2006.
- Confort Sonoro Diurno y Nocturno.
  - Niveles de ruido, en el AI y SAR. Unidad de medida en decibelios (dBA).
  - 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. establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994.
- Polvos, humos, partículas en suspensión.
  - Visibilidad en el AI (Baja, Media, Alta).

#### HIDROLOGÍA

- Calidad química y biológica del agua.
  - Índice de calidad del agua.-Los índices con la peor calidad de agua se localiza en la región hidrológica de Tehuantepec. Dentro de ésta, los cuerpos con menor calidad son las Bahías de Salina Cruz, la Ventosa y el *Río Tehuantepec* (López Garrido, online free Access).
  - Demanda bioquímica de oxígeno en aguas superficiales ( $DBO_5 > 30$  mg/L) dentro de la región hidrológica administrativa V Pacífico Sur.

- Indicadores de presión antrópica, para la región hidrológica Tehuantepec (alta, media y baja).

Tabla V.3 Demanda bioquímica de oxígeno durante los años 2003 a 2009.

Región hidrológica-administrativa	2003	2005	2006	2007	2008	2009
V. Pacífico Sur	ND	ND	.00	.00	.00	.00

Nota: En los cuerpos de agua pueden existir otros contaminantes que no afectan la demanda bioquímica de oxígeno. El indicador sólo muestra el promedio anual y no la variación estacional.

Fuentes: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México, 2005. Síntesis. CNA. México, 2005. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México, 2006 a 2010. Conagua. México, 2006 a 2010 y 2011.

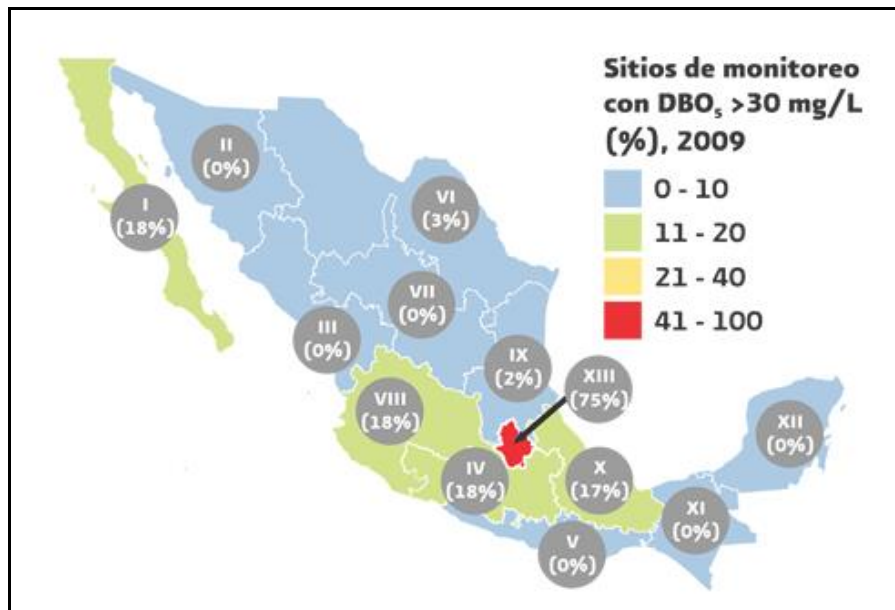


Imagen V.2 Sitios de monitoreo de DBO<sub>5</sub>>30 mg/L en porcentaje para el año 2009.

Fuente: SEMARNAT, 2005.

Tabla V.4 Indicadores de presión antrópica para la Región Hidrológica Tehuantepec (RH22)  
(Garrido y Bautista, 2000).

Región Hidrológica	Superficie	No. de municipios prioritarios	Población aproximada	Volumen de escurrimiento	Superficie bajo riesgo	Descarga urbana	Descarga industrial	Descarga agropecuaria
RH 22	18,338.5 Km <sup>2</sup>	7	379,108	3,624 Mm <sup>3</sup> /año	34,991 ha	11.53 Mm <sup>3</sup> /año	3.75 Mm <sup>3</sup> /año	131,249.2 Mm <sup>3</sup> /año

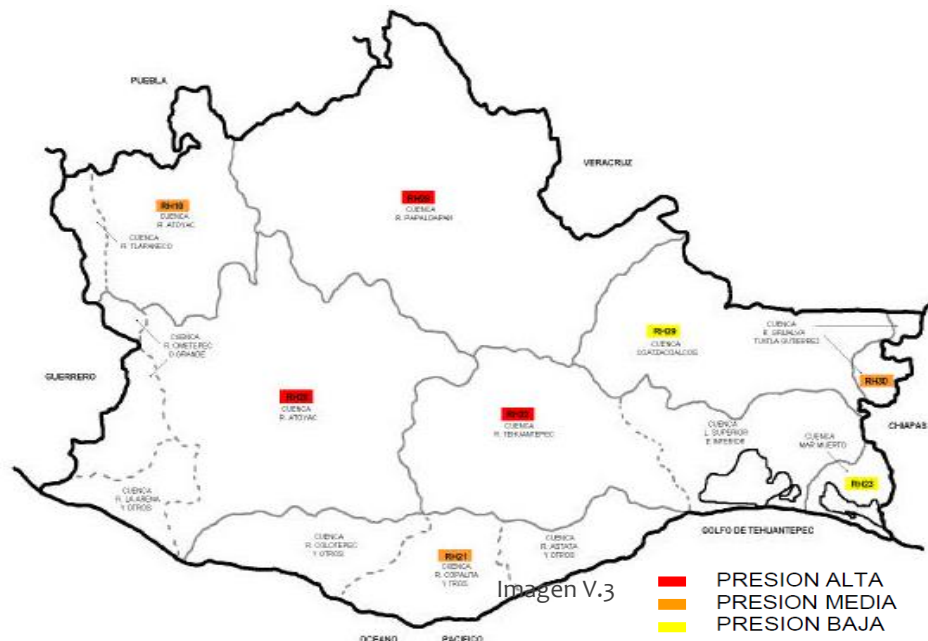


Imagen V.4 Presión actual sobre los recursos hídricos en las regiones hidrológicas del Estado de Oaxaca. Fuente: López Garrido (online free Access).

- Régimen hídrico.
  - Presión de acuíferos (número de acuíferos, volumen de extracción y recarga).

Tabla V.5 Acuíferos y volúmenes de extracción y recarga  
(hectómetros cúbicos).

Región administrativa	Año	Número de acuíferos	Volumen de Extracción	Volumen de Recarga
Pacífico Sur	2006	34	294.30	1,696.00

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas. Septiembre 2008.

- Aportación y volumen de los principales ríos para la región hidrológica Río Tehuantepec (km<sup>2</sup> y m<sup>3</sup>).

Tabla V.6 Aportación y volumen superficial de los principales ríos que conforman parte de la porción de la región hidrológica Río Tehuantepec (CONAGUA, 2007).

Río	Superficie de aportación	Volumen disponible de salida
San Antonio	4,487 Km <sup>2</sup>	23.91 millones m <sup>3</sup>
Tequisistlán	2,213 Km <sup>2</sup>	28.08 millones m <sup>3</sup>
Tehuantepec	3,390 Km <sup>2</sup>	175.01 millones m <sup>3</sup>

- Número de escurrimientos y tipo (intermitentes y permanentes).

## SUELO

- Relieve y carácter topográfico.
  - Tipos de relieve en el AI.
- Contaminación del suelo y subsuelo, y fertilidad.
  - Áreas urbanas y sitios afectados por la presencia humana.

### **PROCESOS DEL MEDIO INERTE**

- Erosión.- Tipos de degradación del suelo.
  - Tipos de degradación (%) de suelo encontrados en el AI.
  - Superficies afectadas por erosión hídrica.
- Estabilidad y Transporte de sólidos.-
  - Sitios potencialmente inestables identificados en el estudio de geotecnia.
- Compactación.-
  - Áreas compactadas por caminos de accesos ya existentes.
- Dinámica de cauces y Drenaje superficial.-
  - Geometría de los cauces que interceptan el proyecto (intermitentes y permanentes)
  - Hidrología superficial.
- Incendios.-
  - Riesgos de incendios en el SAR, (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2003)

### **VEGETACIÓN**

- Vegetación de zonas templadas y zonas cálidas, especies bajo la norma y prioritarias para su conservación.-
  - Número de especies endémicas registradas en el AI y SAR.
  - Número de especies bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010.
  - Tipos y estatus (Primario o secundario).

### **FAUNA**

- Especies bajo la norma, poblaciones generales, especies de ictiofauna y hábitats.-
  - Número de especies endémicas registradas en el AI y SAR.

- Número de especies bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Especies y su estatus.
- AICAS (Número de especies registradas dentro de estas áreas).
- Sitios terrestres prioritarios (Extrema, alta y media).

### **PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO**

- Pautas de comportamiento.-
  - Especies focales y sombrilla (número y estatus de conservación).
- Movilidad de especies.-
  - Pasos de fauna detectados en campo.

### **MEDIO PERCEPTUAL**

- Visibilidad.-
  - Cuencas visuales.
- Calidad paisajística y Fragilidad.-
  - Calidad visual, Calidad del fondo escénico, Naturalidad y Singularidad de lo visto en campo.

### **POBLACIÓN Y ECONOMÍA**

- Población, Asentamientos irregulares, Zonas arqueológicas, Estilos de vida, Aceptabilidad del proyecto y Actividades económicas inducidas.-
  - Densidad poblacional de cada municipio que abarque el proyecto (tramo 2).
  - Población ocupada por sector económico en los municipios que abarque el proyecto (tramo 2).
  - Zonas arqueológicas detectadas por el INHA.



- Infraestructura vial, Equipamientos y servicios, Salud y seguridad.-
  - Infraestructura de vías de comunicación de los municipios que abarque el proyecto (tramo 2).
  - Infraestructura de salud, educación y vivienda de los municipios que abarque el proyecto (tramo 2).

## V.1.4 Metodología empleada para la identificación y evaluación de impactos

### V.1.4.1 Justificación de la metodología seleccionada

En la actualidad las metodologías existentes para la identificación y evaluación de impactos ambientales abarcan una gran gama de criterios y complejidad.

Para realizar el estudio sobre la modificación del proyecto se utilizaron dos métodos: 1) Se eligió la matriz de interacción de causa-efecto por las ventajas que ofrece al permitir disminuir o aumentar las características ambientales o las acciones según las necesidades del proyecto a evaluar, además de ser un excelente método para identificar las acciones que deben ser objeto de mayor atención. Estas modificaciones pueden ser tanto positivas como negativas y cabe la posibilidad de que sean provocadas tanto por fenómenos naturales, como por el hombre; 2) se utilizó la metodología de Conesa Fernández – Vitoria (1996) para caracterizar el impacto (evaluación cualitativa), la cual utiliza ciertos criterios que nos permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, agrupándolos en una fórmula que nos dará como resultado la importancia del impacto.

Posteriormente estos impactos de acuerdo a su importancia se presentan en una tabla conocida como matriz de importancia, donde se realiza el análisis de la magnitud para cada impacto moderado, severo o crítico, dando como resultado solo aquellos impactos significativos. Ver más adelante en apartado V.2.1

### V.1.5 Evaluación cualitativa (Matriz Causa-Efecto)

Una vez identificadas las actividades del proyecto modificado y los factores ambientales, el siguiente paso fue identificar los impactos ambientales que se originarán. Con base en las Tablas V.1 y V.2, se generó una Matriz de Interacciones, la cual considera cada una de las actividades del proyecto y los factores ambientales, es decir una matriz de interacción Proyecto-Ambiente. La matriz de interacción nos muestra las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores ambientales pertinentes a lo largo del otro eje de la matriz, cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se marca con un número uno (1) la casilla en donde se identificó la interacción entre las acciones y los factores, así, permite identificar los factores que por sus características serán afectados y requieren de la aplicación de alguna medida de mitigación para contrarrestar su impacto, además se identifican las actividades que no tendrán efecto sobre el medio abiótico, biótico y socioeconómico, destacando incluso aquellas que tendrán impactos benéficos.

Bajo éste análisis, nos permitió identificar las interacciones potenciales Proyecto-Ambiente, determinando los factores ambientales que pueden ser impactados (Ver imagen V.5).

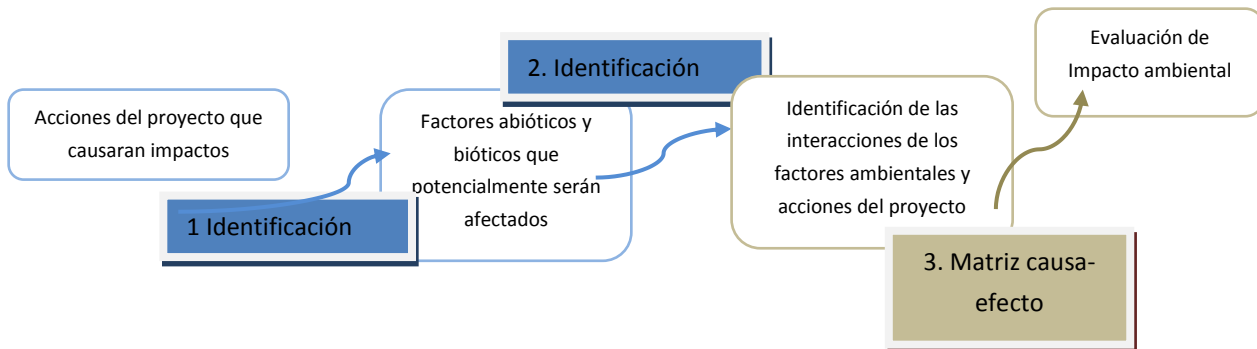


Imagen V.5 Proceso de identificación de Impactos Ambientales.

Tabla V.7 Matriz de Causa-Efecto

PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN																											
SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR	Instalación y Operación de Obras Provisionales (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)	Desmonte	Despalme	Excavaciones		Construcción de Obras de Drenaje Menor	Construcción de Obras Complementarias	Construcción de Sub-bases y Bases	Construcción de Carpetas y Mezclas Asfálticas	Colocación de Señalamiento Vial (Restrictivos, informativos y preventivos) y Horizontal	Construcción de Entronques, Pasos vehiculares y Pasos superiores	Rampas de Emergencia	Paraderos	Mirador	Construcción de Subestructura e Infraestructura	Construcción de Superestructura	Construcción de túneles	Caminos de Accesos para el Eje Troncal y Obras de drenaje mayor	Bancos de tiro	Bancos de Préstamo	Caminos de Acceso a Bancos (Tiro y Préstamo)	Retiro de Obras Provisionales	Operación de Vehículos y Maquinaria	
							Cortes	Formación y Construcción de Terraplenes																			
							Terracerías		Drenaje	Pavimentos	Señalamiento	Obras de Infraestructura Adicional	Construcción de Puentes y Viaductos														
FÍSICO NATURAL	MEDIO INERTE	ATMOSFERA	Nivel de gases de combustión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
			Polvos, humos, partículas en suspensión	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
			Confort Sonoro Diurno	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
			Confort Sonoro Nocturno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			Microclima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
	SUELO	Relieve y carácter topográfico	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
		Contaminación del suelo y subsuelo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		Fertilidad del suelo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR	Instalación y Operación de Obras Provisionales (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)	Desmonte	Despalme	Excavaciones		Construcción de Obras de Drenaje Menor	Construcción de Obras Complementarias	Construcción de Sub-bases y Bases	Construcción de Carpetas y Mezclas Asfálticas	Colocación de Señalamiento Vial (Restrictivos, informativos y preventivos) y Horizontal	Construcción de Entronques, Pasos vehiculares y Pasos superiores	Rampas de Emergencia	Paraderos	Mirador	Construcción de Subestructura e Infraestructura	Construcción de Superestructura	Construcción de túneles	Caminos de Accesos para el Eje Troncal y Obras de drenaje mayor	Bancos de tiro	Bancos de Préstamo	Caminos de Acceso a Bancos (Tiro y Préstamo)	Retiro de Obras Provisionales	Operación de Vehículos y Maquinaria
							Cortes	Terraplen es																		
							Terracerías		Drenaje		Pavimentos		Señalamiento	Obras de Infraestructura Adicional				Construcción de Puentes y Viaductos								
		<b>HIDROLOGÍA</b>	<i>Régimen hídrico</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
			<i>Calidad química y biológica del agua</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
		<b>PROCESOS DEL MEDIO INERTE</b>	<i>Dinámica de cauces</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
			<i>Transporte de sólidos</i>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
			<i>Incendios</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Drenaje superficial</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
			<i>Erosión</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
			<i>Estabilidad</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR	Instalación y Operación de Obras Provisionales (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)	Desmonte		Cortes	Excavaciones	Formación y Construcción de Terraplenes	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Construcción de Obras Complementarias	Construcción de Sub-bases y Bases	Construcción de Carpetas y Mezclas Asfálticas	Colocación de Señalamiento Vial (Restrictivos, informativos y preventivos) y Horizontal	Construcción de Entronques, Pasos vehiculares y Pasos superiores	Rampas de Emergencia	Paraderos	Mirador	Construcción de Subestructura e Infraestructura	Construcción de Superestructura	Construcción de túneles	Caminos de Accesos para el Eje Troncal y Obras de drenaje mayor	Bancos de tiro	Bancos de Préstamo	Caminos de Acceso a Bancos (Tiro y Préstamo)	Retiro de Obras Provisionales	Operación de Vehículos y Maquinaria	
					Despalme	Terracerías																						Drenaje
			Compactación	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	
	MEDIO BIÓTICO	VEGETACIÓN	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	
			Vegetación de zonas cálidas en estado primario	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
			Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1
			Vegetación riparia en estado primario	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
			Especies bajo la NOM-059	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
			Especies prioritarias para la conservación	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
		FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
		Especies protegidas y/o singulares de	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	

PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR	Instalación y Operación de Obras Provisionales (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)		Desmonte		Despalme		Terracerías	Drenaje	Pavimentos	Señalamiento	Obras de Infraestructura Adicional	Construcción de Puentes y Viaductos	Construcción de túneles	Caminos de Accesos para el Eje Troncal y Obras de drenaje mayor	Bancos de tiro	Bancos de Préstamo	Caminos de Acceso a Bancos (Tiro y Préstamo)	Retiro de Obras Provisionales	Operación de Vehículos y Maquinaria	
				Excavaciones	Formación y Construcción de Terraplenes	Cortes	Terraplenes	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Construcción de Obras Complementarias														Construcción de Sub-bases y Bases
			<i>ornitofauna (NOM-059-2010)</i>																				
			<i>Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
			<i>Especies y poblaciones en general</i>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
			<i>Especies de ictiofauna nativas y de consumo</i>	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
			<i>Hábitats faunísticos de especies silvestres</i>	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
		<b>PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO</b>	<i>Movilidad de especies</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
			<i>Pautas de comportamiento</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
		<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>	<i>Visibilidad</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
			<i>Calidad paisajística</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1



PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

				Instalación y Operación de Obras Provisionales (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)		Desmonte		Despalme		Terracerías		Drenaje		Pavimentos		Señalamiento		Obras de Infraestructura Adicional			Construcción de Puentes y Viaductos		Construcción de túneles		Caminos de Accesos para el Eje Troncal y Obras de drenaje mayor		Bancos de tiro		Bancos de Préstamo		Caminos de Acceso a Bancos (Tiro y Préstamo)		Retiro de Obras Provisionales		Operación de Vehículos y Maquinaria				
SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR																																				
			<i>Fragilidad</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0										
	USOS DEL SUELO	PRODUCTIVO	<i>Uso agrícola</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1			1	0									
			<i>Uso urbano</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
POBLACIÓN Y ACTIVIDADES	POBLACIÓN	DINAMICA POBLACIONAL	<i>Asentamientos irregulares</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		ESTRUCTURA DE OCUPACIÓN	<i>Población ocupada por sector económico</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1							
		CARACTERÍSTICAS CULTURALES	<i>Zonas arqueológicas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Estilos de vida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ECONOMÍA	ACTIVIDADES Y	<i>Salud y seguridad</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

**PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN**

SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR	Instalación y Operación de Obras Provisionales (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)	Desmonte	Despalme	Terracerías	Cortes	Excavaciones	Terraplenes	Formación y Construcción de Terraplenes	Construcción de Obras de Drenaje Menor	Construcción de Obras Complementarias	Construcción de Sub-bases y Bases	Construcción de Carpetas y Mezclas Asfálticas	Colocación de Señalamiento Vial (Restrictivos, informativos y preventivos) y Horizontal	Construcción de Entronques, Pasos vehiculares y Pasos superiores	Rampas de Emergencia	Paraderos	Mirador	Construcción de Subestructura e Infraestructura	Construcción de Superestructura	Construcción de túneles	Caminos de Accesos para el Eje Troncal y Obras de drenaje mayor	Bancos de tiro	Bancos de Préstamo	Caminos de Acceso a Bancos (Tiro y Préstamo)	Retiro de Obras Provisionales	Operación de Vehículos y Maquinaria
		RELACIONES ECONÓMICAS	<i>Actividades económicas inducidas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	<i>Infraestructura vial</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Equipamiento y servicios</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

				Etapa de Operación y Mantenimiento			
				Circulación vehicular diaria	Mantenimiento de taludes	Mantenimiento general del pavimento	Operación de maquinaria durante mantenimiento de proyecto
				Operación		Mantenimiento	
SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR				
FÍSICO NATURAL	MEDIO INERTE	ATMOSFERA	<i>Nivel de gases de combustión</i>	1	0	0	1
			<i>Polvos, humos, partículas en suspensión</i>	0	0	1	1
			<i>Confort Sonoro Diurno</i>	1	0	0	0
			<i>Confort Sonoro Nocturno</i>	1	0	0	0
			<i>Microclima</i>	0	0	0	0
		SUELO	<i>Relieve y carácter topográfico</i>	0	0	0	0
			<i>Contaminación del suelo y subsuelo</i>	1	0	0	0
			<i>Fertilidad del suelo</i>	0	0	0	0
		HIDROLOGÍA	<i>Régimen hídrico</i>	0	0	0	0
			<i>Calidad química y biológica del agua</i>	1	0	0	0
		PROCESOS DEL MEDIO INERTE	<i>Dinámica de cauces</i>	0	0	0	0
			<i>Transporte de sólidos</i>	1	0	0	0
			<i>Incendios</i>	0	0	0	0
			<i>Drenaje superficial</i>	0	1	0	0
			<i>Erosión</i>	0	1	0	0
			<i>Estabilidad</i>	0	1	0	0

Etapa de Operación y Mantenimiento							
				Circulación vehicular diaria	Mantenimiento de taludes	Mantenimiento general del pavimento	Operación de maquinaria durante mantenimiento de proyecto
				Operación	Mantenimiento		
SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR				
			<i>Compactación</i>	0	0	0	0
	MEDIO BIÓTICO	VEGETACIÓN	<i>Vegetación de zonas templadas en estado secundario</i>	1	0	0	0
			<i>Vegetación de zonas cálidas en estado primario</i>	1	0	0	0
			<i>Vegetación de zonas cálidas en estado secundario</i>	1	0	0	0
			<i>Vegetación riparia en estado primario</i>	1	0	0	0
			<i>Especies bajo la NOM-059</i>	1	0	0	0
			<i>Especies prioritarias para la conservación</i>	1	0	0	0
		FAUNA	<i>Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)</i>	1	0	0	0
			<i>Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)</i>	1	0	0	0
			<i>Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)</i>	1	0	0	0
			<i>Especies y poblaciones en general</i>	1	0	0	0
			<i>Especies de ictiofauna nativas y de consumo</i>	1	0	0	0
			<i>Hábitats faunísticos de especies silvestres</i>	1	0	0	0
		PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	<i>Movilidad de especies</i>	1	0	0	0
			<i>Pautas de comportamiento</i>	1	0	0	0
			MEDIO PERCEPTUAL	<i>Visibilidad</i>	1	0	0

Etapa de Operación y Mantenimiento							
				Circulación vehicular diaria	Mantenimiento de taludes	Mantenimiento general del pavimento	Operación de maquinaria durante mantenimiento de proyecto
				Operación		Mantenimiento	
SISTEMA	SUBSISTEMA	FACTOR	SUBFACTOR				
			<i>Calidad paisajística</i>	1	0	0	0
			<i>Fragilidad</i>	1	0	0	0
	USOS DEL SUELO	PRODUCTIVO	<i>Uso agrícola</i>	0	0	0	0
			<i>Uso urbano</i>	0	0	0	0
POBLACIÓN Y ACTIVIDADES	POBLACIÓN	DINAMICA POBLACIONAL	<i>Asentamientos irregulares</i>	1	0	0	0
		ESTRUCTURA DE OCUPACIÓN	<i>Población ocupada por sector económico</i>	1	1	1	1
		CARACTERISTICAS CULTURALES	<i>Zonas arqueológicas</i>	0	0	0	0
			<i>Estilos de vida</i>	1	0	0	0
			<i>Aceptabilidad social del proyecto</i>	0	0	0	0
	ECONOMÍA	ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	<i>Salud y seguridad</i>	1	1	0	1
			<i>Actividades económicas inducidas</i>	1	0	0	0
		INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	<i>Infraestructura vial</i>	1	1	1	0
			<i>Equipamiento y servicios</i>	1	1	1	1

Los resultados de la matriz causa-efecto, que incluyó 18 actividades del proyecto (tramo 2) agrupadas en 3 etapas (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del sitio), 36 subfactores ambientales (físico natural) y 9 subfactores sociales (población y actividades), arrojaron lo siguiente:

La sumatoria de las filas de la matriz indicó las incidencias del proyecto sobre cada subfactor ambiental y social y por lo tanto, su fragilidad ante el proyecto, por otro lado la sumatoria de las columnas por etapa del proyecto dio una valoración del efecto que cada acción producirá en el medio.

De acuerdo a esto se tiene que de 1215 posibles interacciones para el desarrollo del proyecto durante todas sus etapas y que potencialmente puede llegar a ocasionar un impacto en el funcionamiento del Área de Influencia (AI) e incluso del SAR, se identificaron impactos por el proyecto de 371 impactos totales, de los cuales 313 son impactos negativos con diferente importancia y magnitud y 58 son impactos positivos.

De acuerdo a este análisis por etapa del proyecto se identificó lo siguiente: Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, de acuerdo a cada actividad a ejecutar se tiene un total de impactos negativos de 281, mientras que se tienen 44 impactos positivos (Ver imagen V.6).

Para el caso de la etapa de operación y mantenimiento del proyecto se cuenta con 46 impactos, 30 negativos y 16 positivos (Ver imagen V.7).

Por lo tanto se encontró que existen en total 325 impactos en la etapa de preparación del sitio y construcción (281 negativos y 44 positivos) y 46 impactos en la etapa de operación y mantenimiento (30 negativos y 16 positivos), siendo que la mayor incidencia del proyecto se esperaría en la etapa de preparación y construcción.



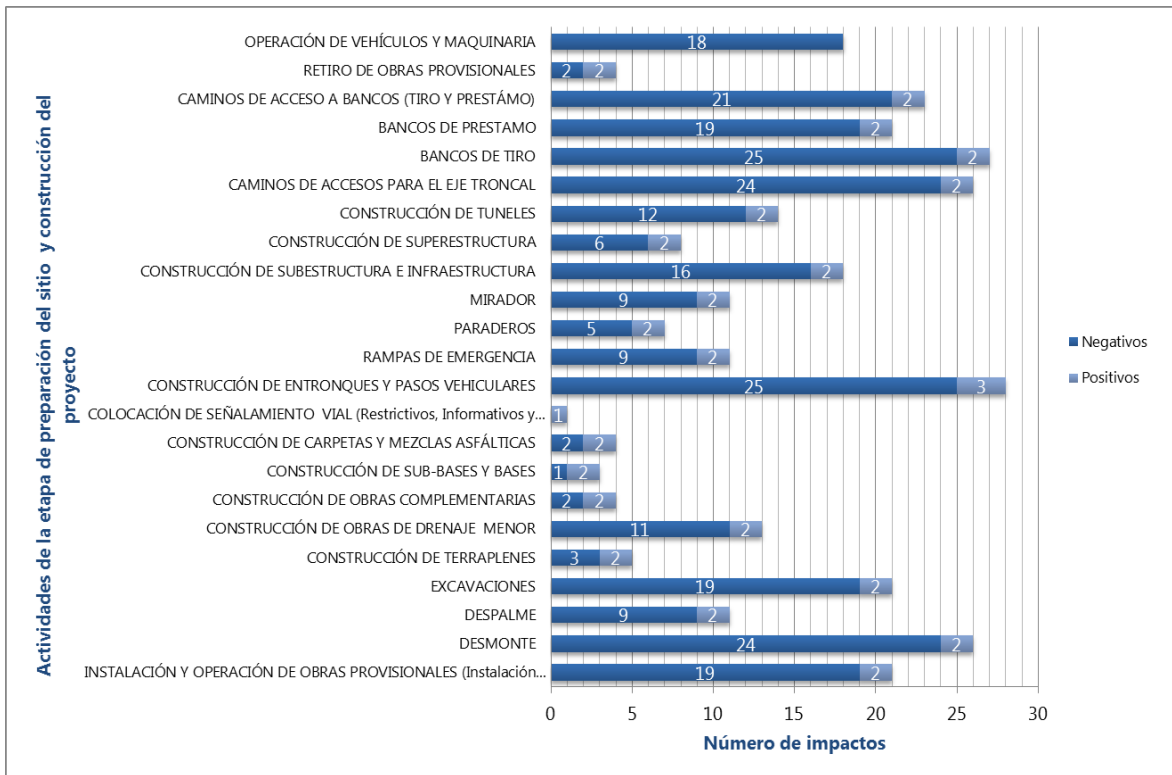


Imagen V.6 Número de impactos negativos y positivos identificados en la etapa de preparación y construcción del proyecto.

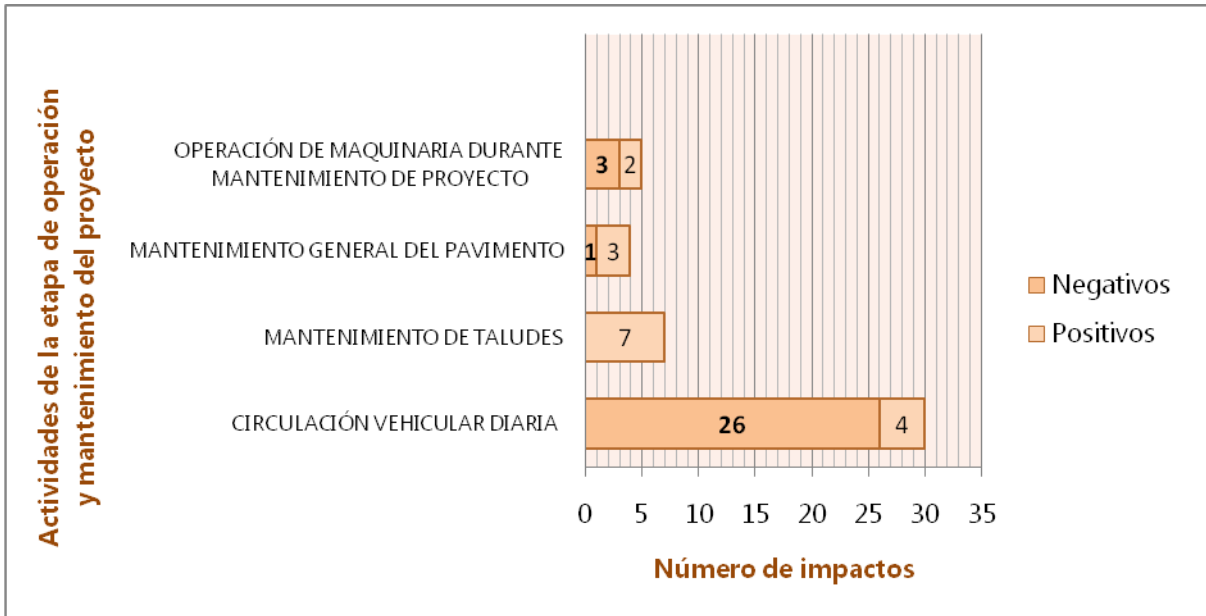


Imagen V.7 Número de impactos negativos y positivos identificados en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

A partir de la interpretación de resultados de la matriz causa-efecto para cada etapa del proyecto, se hizo el análisis de los impactos que se ocasionan sobre cada factor ambiental (atmósfera, agua, suelo, hidrología, etc.), donde se encontró que durante la etapa de preparación y construcción del proyecto el factor más impactado corresponde a la vegetación con un 18.46% del total de interacciones en ésta etapa (325), seguido de la fauna con un 18.15%, y del medio inerte (transporte de sólidos, drenaje superficial, erosión, estabilidad y compactación) con un 12.62% (Ver imagen V.8). Mientras que durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto la vegetación, fauna, y la atmósfera serán los factores ambientales más impactados con un 13.04% ambos del total de las interacciones para esta etapa (46 interacciones) (Ver imagen V.9).

Para el caso de los aspectos sociales durante la etapa de preparación y construcción del proyecto se tiene que la infraestructura y servicios (infraestructura vial y equipamiento y servicios) ocasionarán el mayor número de impactos con un 7.07%, siendo éstos de tipo positivos, la estructura de ocupación (población ocupada por sector económico) con un 6.76% y las actividades y relaciones económicas (salud y seguridad y actividades económicas inducidas) con un 2.76% del total de interacciones para esta etapa (325) (Ver imagen V.8).

Durante la etapa de operación y el mantenimiento del proyecto, la infraestructura y servicios (infraestructura vial y equipamientos y servicios) ocasionarán el mayor número de impactos con un 15.21% de 46 interacciones para esta etapa, seguido de las actividades y relaciones económicas

(salud y seguridad y actividades económicas) y la estructura de ocupación (población ocupada por sector) con un 8.69% respectivamente (Ver imagen V.9).

Es importante resaltar que los impactos positivos para el factor social se debe por el abastecimiento y demanda de material, insumos y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto, seguido de la estructura de ocupación (población ocupada por sector económico) a causa del empleo temporal que se requerirá en la región, así mismo, se creará infraestructura vial mucho más segura y un traslado más corto entre los municipios que integran el área de influencia donde estará el proyecto. A pesar de esto, también se tienen impactos negativos en el factor social, teniendo impactos para el factor de actividades y relaciones económicas (salud y seguridad) debido a que el proyecto representan un riesgo de accidentes durante la etapa de construcción, además de que la topografía del lugar es inaccesible en la mayor parte del trazo a construcción, junto con suelos inestables, por lo que, se considera un impacto negativo para los trabajadores.

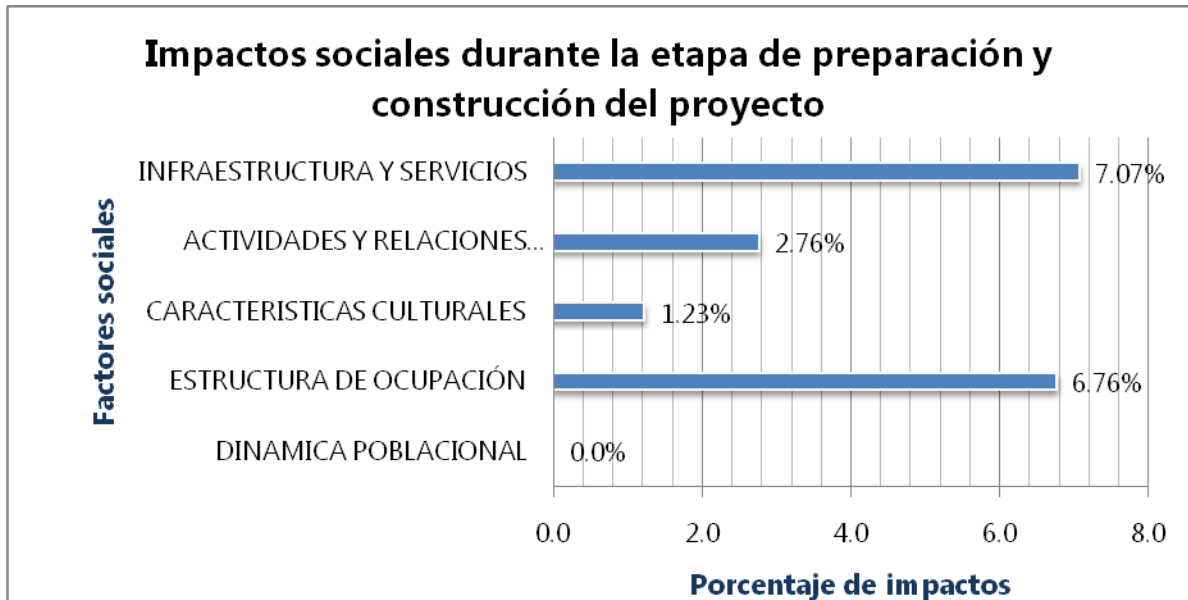
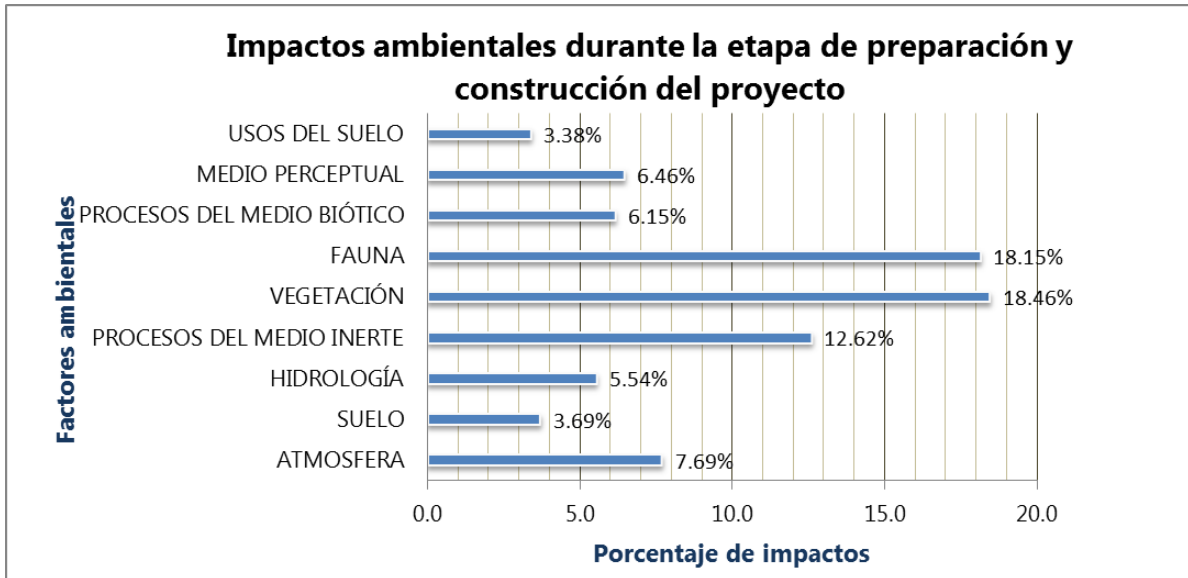


Imagen V.8 Gráficos que representan los impactos ambientales y sociales durante la etapa de preparación y construcción del proyecto.

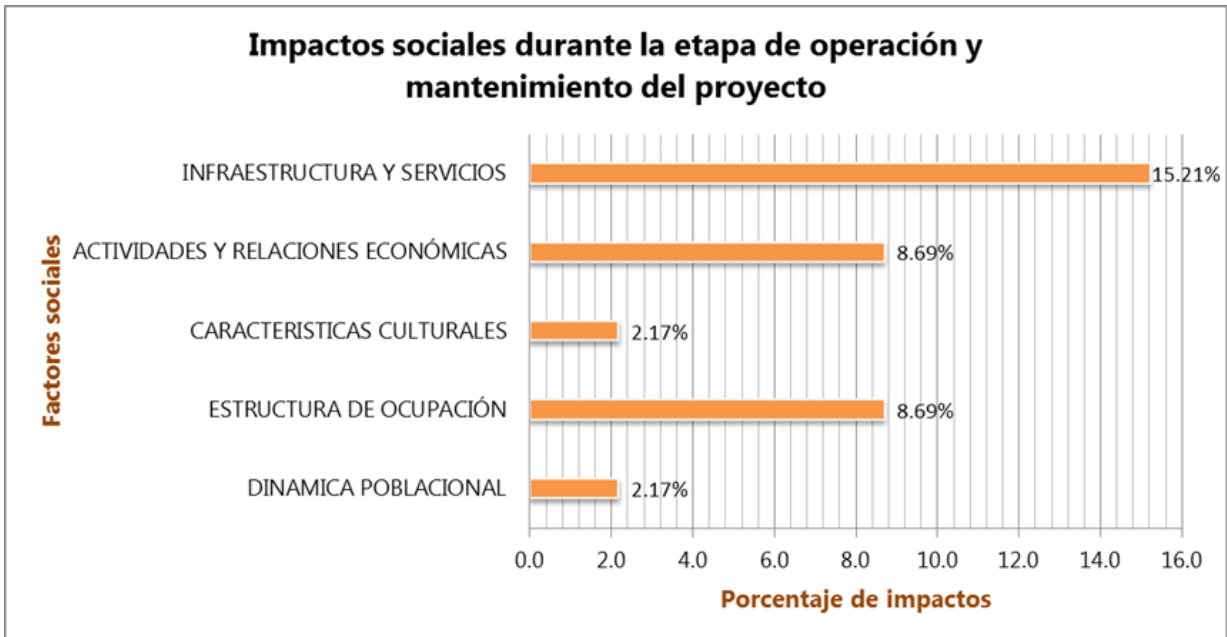
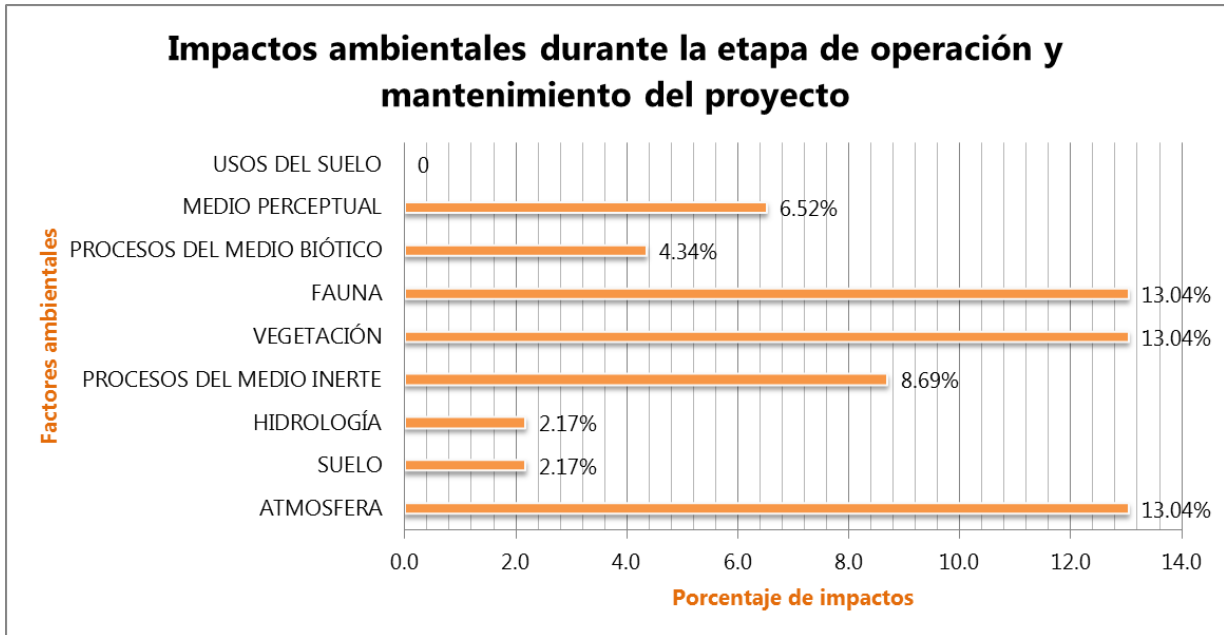


Imagen V.9 Gráficos que representan los impactos ambientales y sociales durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

## V.2 Evaluación

### V.2.1. Caracterización de los impactos ambientales y sociales

Una vez obtenidos los impactos a través de la matriz causa-efecto para cada impacto de manera particular por cada actividad y etapa del proyecto, que es referente al eje troncal, obras provisionales, caminos de acceso a eje troncal, infraestructura adicional, obras de drenaje mayor y túneles se procedió a realizar la caracterización de los impactos, empleando como ya se mencionó anteriormente la metodología diseñada por Conesa Fernández – Vitoria (1996), para posteriormente realizar la evaluación de la magnitud de los impactos.

La metodología Conesa, utiliza ciertos criterios que nos permiten evaluar el grado de los impactos producidos, agrupándolos en una fórmula que nos dará como resultado la importancia del impacto.

La importancia del impacto puede entenderse como la herramienta que puede medir cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como: extensión, efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad.

A continuación vamos a describir el significado de los mencionados criterios que conforman la importancia del impacto (I), de una matriz de valoración cualitativa o matriz de importancia.

TÉRMINO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	VALOR										
Signo	(+) o (-)	El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Existe la posibilidad de incluir, en algunos casos concretos, un tercer carácter: previsible pero difícil de cuantificar o sin estudios específicos (x) que reflejaría efectos cambiantes difíciles de predecir.  Éste carácter (x), también reflejaría efectos asociados con circunstancias externas al proyecto, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su <b>NATURALEZA</b> dañina o beneficiosa.											
Intensidad (Grado de destrucción)	I	Éste término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El índice de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que el 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situaciones	<table border="1"> <tr> <td>Baja</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Muy Alta</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>12</td> </tr> </table>	Baja	1	Media	2	Alta	4	Muy Alta	8	Total	12
Baja	1												
Media	2												
Alta	4												
Muy Alta	8												
Total	12												



TÉRMINO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	VALOR
		intermedias.	
Extensión (Área de influencia)	EX	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el 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 el impacto 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). En el caso de que el efecto sea puntual pero se produzca en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en que se manifiesta y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras, habrá que buscar inmediatamente otra alternativa al proyecto, anulando la causa que nos produce este efecto	Puntual 1
			Parcial 2
			Extenso 4
			Total 8
			Crítica (+4)
Momento (Plazo de Manifestación)	MO	El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción ( $t_o$ ) y el comienzo del efecto ( $t_j$ ) 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, asignándole en ambos casos un valor de (4). Si es un período de tiempo que va de 1 a 5 años, medio plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de cinco años, largo plazo, con valor asignado de (1).  Si concurrese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una o cuatro unidades por encima de las especificadas.	Largo plazo 1
			Medio Plazo 2
			Inmediato 4
			Crítico (+4)
Persistencia (Permanencia del Efecto)	PE	Se refiere al tiempo que, supuestamente, 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 correctoras. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor de (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 asignándole un valor de (4). La persistencia, es independiente de la reversibilidad.	Fugaz 1
			Temporal 2
			Permanente 4
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor	Corto plazo 1

TÉRMINO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	VALOR
(Posibilidad de Reconstrucción)		afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que esta 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 (4). Los intervalos de tiempo que comprende estos periodos, son los mismos asignados al parámetro anterior.	Medio plazo 2 Irreversible 4
Recuperabilidad (Reconstrucción por medios humanos)	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 correctoras). Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana, le asignamos el valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).	Recuperable de manera inmediata 1 Recuperable a medio plazo 2 Mitigable 4 Irrecuperable 8
Sinergia (Regularidad de la Manifestación)	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4). Cuando se presenten casos de debilitamiento, la valoración del efecto presentará valores de signo negativo, reduciendo al final el valor de la Importancia del Impacto.	Sin sinergismo (simple) 1 Sinérgico 2 Muy sinérgico 4
Acumulación (Incremento Progresivo)	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada 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 producido es acumulativo el valor se incrementa a (4).	Simple 1 Acumulativo 4

TÉRMINO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>Efecto</b> (Relación Causa-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 sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste 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 (secundario) 1 Directo 4
<b>Periodicidad</b> (Regularidad de la Manifestación)	PR	La periodicidad se refiere a la regularidad de 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 (efecto 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 o periódico y discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4
<b>Importancia del impacto</b>		La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce, en función del valor asignado a los criterios considerados. La importancia del impacto es calculada de acuerdo a la siguiente fórmula: $I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	

Una vez caracterizados y valorados los impactos, los resultados de esta evaluación puede arrojar la importancia del impacto identificado, esta valoración toma valores desde <25 y >75, clasificados como se indica a continuación:

RANGO	TIPO DE IMPACTO
≤ 25	IRRELEVANTES
25 – 50	MODERADOS
50 – 75	SEVEROS
≥ 75	CRITICOS

Así mismo, una vez evaluada la importancia se procedió a evaluar la magnitud de cada impacto. Ver a continuación apartado.

### V.2.1 Criterios para la determinación de la magnitud de los impactos ambientales y sociales por el proyecto

Se puede concretar en términos de significancia del impacto sobre cada factor ambiental y social, a través de la importancia y magnitud, este último criterio representa la cantidad y calidad del factor modificado en términos relativos al marco de referencia (área de influencia), por lo tanto, para entender mejor la diferencia de estos dos conceptos se tiene lo siguiente.

- **MAGNITUD:** valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 5 de menor a mayor.
- **IMPORTANCIA:** La importancia del impacto es la proporción mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del *grado de incidencia* o intensidad de la alteración producida, como de la *caracterización* del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como: extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad.

De acuerdo a lo anterior, la metodología que se utilizó para realizar la magnitud de los impactos se basó con la técnica del método de Leopold, ya que se basa en los principios básicos de la evaluación matricial, además de que evalúa tal criterio. Este criterio atribuye un código numérico a cada factor, acotado entre un valor máximo (5) para la más desfavorable y uno mínimo (1) para la más favorable.

De la Matriz de Identificación de Impactos cada cuadrícula marcada con una longitud admite el valor de la magnitud e importancia, teniendo arriba la magnitud y abajo la importancia de cada factor impactado (Ver imagen V.10). Una vez que se ha evaluado la magnitud y la importancia de cada impacto principalmente aquellos de tipo negativos, se suman ambos valores (magnitud e importancia) y si el resultado es mayor o igual a 50, el impacto se considera SIGNIFICATIVO, Ver matriz de importancia en los anexos digitales de éste capítulo.

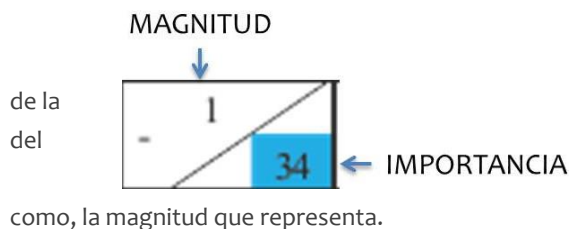


Imagen V.10 Imagen caracterización impacto ambiental, así

La matriz de importancia se presenta en el anexo de éste capítulo.

## V.3 Resultados de la evaluación de los impactos

### V.3.1 Resultados de la importancia y magnitud de los impactos

La evaluación de impactos puede realizarse en una secuencia lógica de investigaciones (indicadores ambientales) de los diferentes sectores involucrados: medio físico, biológico, ecológico, estético y socio económico, procurando seguir la relación causa-efecto de los impactos que previamente ya se han identificado, así como, de aquellos que afectan de manera indirecta a otros elementos tanto naturales como sociales.

En base a esta identificación (matriz causa-efecto) se realizó la evaluación de los impactos para finalmente obtener los impactos significativos de acuerdo a la importancia y magnitud de los mismos (matriz de importancia), por lo que, se presenta en el siguiente apartado los resultados de la evaluación para el proyecto.

#### V.3.1.1 Valorización de impactos

A continuación se presentarán los impactos identificados por cada etapa del proyecto (preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento), y de acuerdo a cada actividad a realizar para esta etapa se presenta el factor ambiental que impactará (de acuerdo a la identificación realizada en la matriz de interacción causa-efecto), donde se presentan y se destacarán solamente aquellos impactos **significativos y/o severos** y aquellos de tipo **sinérgicos (SI), acumulativos (A) o residuales (R)**, los cuales resultaron del análisis de la evaluación cualitativa a través de la matriz de importancia, así mismo, se presentan los impactos que a pesar de resultar moderados fueron caracterizados como sinérgicos, acumulativos o residuales. Para ver mayor detalle todos los impactos moderados y los irrelevantes que no resultaron caracterizados como sinérgicos, acumulativos y residuales, ver el anexo de este documento (Ver anexo digital de este capítulo). Así mismo, se presenta en una de las columnas con la simbología Ef (efecto) si el impacto es evaluado como primario o directo (4), o en su caso como secundario o indirecto (1). De esta forma en el subsecuente capítulo se presenta las medidas de mitigación a implementar para cada impacto con respecto al factor ambiental impactado, los cuales podrán ser de tipo preventivo, de reducción, rehabilitación, remediación o compensación, con su respectiva descripción general. Para ver a mayor detalle cada una de las medidas ver capítulo 6 de este documento.

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN									
INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE OBRAS PROVISIONALES (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	1	Irrelevante	Aumento de partículas y polvos en suspensión de manera temporal en áreas donde sea necesaria la instalación y operación de obras provisionales en los kilómetros 127+000 al 165+838.37	No	Si	No
	Confort Sonoro Diurno	1	4	4	Moderado	Incremento de ruido en las zonas urbanas por la operación de maquinaria en talleres y patios de maquinaria	No	Si	No
SUELO	Contaminación del suelo y subsuelo	2	4	4	Moderado	Contaminación al suelo a lo largo de sus horizontes por el manejo de residuos urbanos, de manejo especial y peligrosos.	No	Si	No
HIDROLOGÍA	Calidad química y biológica del agua	2	1	4	Moderado	Alteración en la calidad química del agua por derrame accidental de residuos peligrosos	No	No	No



ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN									
INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE OBRAS PROVISIONALES (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	2	4	4	Moderado	Contaminación de cuerpos de agua intermitentes y permanentes por una mala disposición de aguas residuales.	No	Si	No
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	2	4	4	Moderado	Muerte de mamíferos silvestres protegidos por la NOM-059, por su captura, maltrato o cacería.	No	Si	No
	Especies y poblaciones en general	1	4	4	Moderado	Muerte y daño hacia mamíferos por cacería y/o captura de especies	No	Si	No
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	1	4	4	Moderado	Pesca de peces nativos para consumo	No	Si	No
PRODUCTIVO	Uso agrícola	1	4	4	Moderado	Impacto provisional por el uso de superficies donde se desarrollan cultivos a partir de la localidad de Narro	No	Si	No

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN									
INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE OBRAS PROVISIONALES (Instalación de campamentos, almacenes, talleres de maquinaria y sanitarios portátiles)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
	Uso urbano	1	4	4	Moderado	Afectación de superficies destinadas para otras actividades debido a la instalación y operación de obras provisionales	No	Si	No
MEDIO PERCEPTUAL	Fragilidad	4	1	1	Severo	Impacto del paisaje por disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos en sitios donde se requiera de instalación de obras provisionales a partir del km 127	No	No	Si
ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	Salud y seguridad	2	1	4	Moderado	Afectación a la salud e integridad de los empleados por manejo de residuos y sustancias químicas	No	No	No

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

Para esta actividad no resultaron de la evaluación final impactos residuales, sin embargo se tienen impactos acumulativos y sinérgicos, los cuales se refieren a continuación:

En el caso de la contaminación del suelo (***impacto primario***) por un mal manejo de residuos sólidos y líquidos (urbanos, de manejo especial y peligrosos) durante las actividades de operación de las obras provisionales, principalmente en los lugares donde permanecerán almacenes temporales de residuos, bodegas donde se resguarde sustancias químicas, y en sitios donde se requiera de dar mantenimiento urgente a la maquinaria, se generará impactos hacia los horizontes del suelo (***primario***) ya sea por los lixiviados que muchos de estos residuos se generan con la caída de lluvia sobre ellos, o por las características que puedan presentar siendo tóxicos o dañinos al ambiente a lo largo del tiempo en el que permanezcan y no sean dispuestos finalmente en sitios adecuados para ellos, por lo tanto, se evalúa este ***impacto como acumulativo***, debido a que el sistema ambiental sufre de contaminación al suelo por los residuos que generan las localidades en éste sistema ambiental, siendo que no solo afectará al suelo, si no que se impactará la fragilidad del paisaje (***impacto significativo, primario y sinérgico***).

Es importante mencionar que potencialmente se considera un impacto ***sinérgico*** sobre la calidad química del agua (***primario y moderado***) por el derrame accidental de residuos peligrosos que se puedan presentar, ya que los accidentes se ocasionan debido a que no se cuentan con las áreas correctas en base a la legislación ambiental que lo regula, o la manera de cómo almacenarlos o transportarlos adecuadamente, ya que casi siempre origina que los trabajadores por ignorancia de los efectos ambientales que conlleva no prevenir la contaminación de estos, se ocasione el constante derrame o la inadecuada disposición de su manejo. Así mismo, la mala disposición del agua residual producto de los trabajadores (***impacto primario***) puede ser acumulativo a los impactos ya presentes sobre cuerpos de agua permanentes que conducen ya desechos de localidades, siendo sinérgicos sus efectos a la fauna acuática. Otro de los impactos acumulativos que provocaría el proyecto se debe a los daños identificados en el sistema ambiental que se presentan ya, como es la captura y cacería de especies de mastofauna que incluso se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como la pesca, lo que afectaría aún más la densidad de poblaciones de fauna presentes por la falta de información y vigilancia hacia los trabajadores a contratar.

Durante las actividades de operación de las obras provisionales se identificó como impacto ***primario***, la afectación a la salud e integridad de los empleados por un mal manejo de residuos y

sustancias químicas, el cual es caracterizado como moderado. Este impacto puede potencialmente presentarse debido a la falta de capacitación y equipo de protección para todos los trabajadores que sean asignados para las actividades de construcción de las obras civil.

Por otra parte, se sabe que las obras provisionales a instalar para continuar con la construcción de los sitios aún no aperturados y autorizados, se instalarán en zonas urbanas y de ser necesaria su ubicación cerca del trazo a partir del km 127, se ocuparán zonas agrícolas (**impactos primarios**), lo que conllevará a **impactos acumulativos** a los ya presentes por aquellas actividades en la zona urbana.

Finalmente se tiene que todos los impactos vistos en la tabla anterior son impactos primarios (directos), a excepción de aquel que fue evaluado como indirecto y que es considerado como de tipo **secundario** para el factor atmósfera donde se tiene que durante las actividades relacionadas en la operación de las obras provisionales el levantamiento de polvos ocasionará la saturación en el ambiente (**acumulativo**), sin embargo, para el caso del ruido, se incrementará en las zonas urbanas por la operación de maquinaria en talleres y patios para su almacenamiento (**acumulativo**).

TERRACERÍAS									
DESMONTE						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Microclima	1	4	4	Moderado	Mayor incidencia de luz y viento a las especies que viven bajo sombra	No	Si	No
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Severo	Disminución de infiltración y captación de agua por las plantas para abastecimiento de agua subterránea	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Transporte de sólidos	2	4	4	Severo	Arrastre de material por desmonte de vegetación	No	Si	Si
	Drenaje superficial	2	4	4	Moderado	Afectación a las condiciones naturales de escorrentía	No	Si	No
	Erosión	2	4	4	Severo	Vulnerabilidad a la erosión hídrica media desde el km 72+500 al 105+738, baja del km 105+738 al km 129+065 y alta del km 129+065 al km 165+838.37	No	Si	Si

TERRACERÍAS									
DESMONTE					CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF					
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Pérdida y fragmentación de comunidades forestales por cambio de uso de suelo	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	4	4	4	Crítico	Pérdida y fragmentación de comunidades forestales por cambio de uso de suelo	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Pérdida y fragmentación de comunidades forestales por cambio de uso de suelo	No	Si	No
	Especies bajo la NOM-059	2	4	4	Severo	Pérdida y fragmentación de comunidades forestales por cambio de uso de suelo	No	Si	Si
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Severo	Pérdida y fragmentación de comunidades forestales por cambio de uso de suelo	No	Si	Si
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de animales por trabajos de desmonte	No	Si	Si



TERRACERÍAS									
DESMONTE					CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF					
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de polluelos en nidos	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de animales por trabajos de desmonte, principalmente por mamíferos arborícolas o nocturnos	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Moderado	Muerte de algunas especies no protegidas dentro de oquedades o sobre árboles	No	Si	No
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	4	4	4	Severo	Alteración de los sitios donde las especies desarrollan sus actividades como alimentación, refugio entre otras, así como la generación de bordes y fragmentación	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Movilidad de especies	4	4	4	Severo	Interrupción de las rutas naturales	No	Si	Si

TERRACERÍAS									
DESMONTE						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Pautas de comportamiento	4	4	4	Severo	Interrupción de actividades como forrajeo y reproducción	No	Si	Si

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

El diseño de carreteras representa un impedimento para la recarga de los acuíferos, desde la etapa de preparación del sitio hasta su operación, siendo un factor permanente para el ciclo del agua. Este impacto sobre el subfactor del régimen hídrico fue evaluado como **severo** y también **sinérgico**, ya que se reduce la superficie de infiltración de agua al subsuelo, provocando no solo su abastecimiento al subsuelo (**impacto primario**), sino que, se reduce la disponibilidad de este recurso el cual es producto de la vegetación a remover, la cual brinda este servicio ambiental (**impacto secundario**), teniendo una pérdida de infiltración de 639,852.15 m<sup>3</sup>.

Así mismo, en este tenor se identifica otro impacto, y es en relación al desmonte de la flora, ya que **la cobertura vegetal tiene como función realizar la captación de agua y de proveer de oxígeno**, por lo que una vez que sea desmontada para la construcción de las obras permanentes, originará que se pierda y se fragmente la cobertura vegetal por cambio de uso de suelo (**impacto primario y sinérgico**), siendo más crítico el impacto en la selva baja caducifolia y moderado en los bosques templados, ya que ya existen impactos en este último ecosistema por desmonte de vegetación por caminos de acceso, zonas urbanas y cultivos, sin embargo, ambos originan que se pierda superficie de captación de agua por parte de las especies de flora, la cual a su vez conlleva la reducción del abastecimiento hacia el manto freático (**impacto secundario**). Así mismo, se tendrá como **impacto secundario** por la remoción de la vegetación una pérdida de captura de carbono de 70,656.125 Tc/ha, debido al servicio ambiental que la flora brinda en el ecosistema; además de que ocasionará un impacto también **terciario** en el microclima, ya que se presentará mayor incidencia de luz y viento a las especies que viven bajo sombra, impactos que fueron evaluados para este subfactor como **acumulativos**.

La flora también provee de **refugio para animales, o zonas de alimento y reproducción** para que muchos organismos sobrevivan a diversas presiones que se ejercen sobre sus poblaciones, por lo que, este impacto sobre el subfactor: hábitat de especies terrestres, es evaluado además **de severo y acumulativo como sinérgico**, ya que se incrementará los impactos ya presentes en el área, donde se tendrá mayor reducción de sitios para resguardo, y alimento (**impacto primario**), además de la generación de bordes (**impacto secundario**) y fragmentación de la cobertura vegetal que influye en el paso de algunas especies hacia otras áreas. Este último impacto (subfactor: Movilidad de especies) fue caracterizado como **acumulativo y sinérgico**, ya que, la interrupción de las rutas naturales (**impacto primario y severo**) en sitios donde la calidad ecológica es mayor y la resistencia es menor, es decir, donde las áreas de mayor conservación y menor coste de

desplazamiento sean impactadas, se afectarán rutas cursoriales o de movimiento de las especies entre la cobertura vegetal, provocando potencialmente la reducción de sus ámbitos hogareños y la búsqueda de otros sitios menos perturbados (**impacto primario**).

El desmonte ocasionará impactos severos y acumulativos, hacia fauna y su interrupción durante sus actividades de forrajeo y reproducción (alteración del comportamiento) tanto aquellos que estén bajo alguna categoría de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010), como aquellos que no se encuentren bajo algún estatus, siendo que el daño o muerte de fauna por desmonte, será principalmente aquella de lento desplazamiento (herpetofauna), además de aquellas que se encuentren anidando (ornitofauna) o que se pueden refugiar en la zona a desmontar (**impacto primario, severo y sinérgico**), impactando sus densidades poblaciones (**impacto secundario**), lo cual es caracterizado también como **acumulativo** debido a que ya existen daños hacia la fauna en el SAR por cacería y consumo, siendo para las especies bajo la norma impactos **severos, sinérgicos y acumulativos**, mientras que para las poblaciones en general su categoría es **moderada**.

Éstos impactos son **sinérgicos**, debido a la función que los organismos realizan al ecosistema, ya que a pesar de ser un sitio ya con presencia de algunos impactos en todas sus modalidades, el daño hacia individuos ya sea que por su biología o su adaptación al medio en el que se encuentren, modificarán inevitablemente la dinámica de sus poblaciones beneficiando o perjudicándolas en mayor magnitud que lo que debería presentarse en base a su dinámica natural presente en los ecosistemas.

Al generar reducción de la cobertura original de la flora debido al desmonte (**impacto primario**), especies prioritarias y bajo la NOM-059-SEMARNAT-2012 son afectadas en la composición y estructura de sus comunidades (**impacto secundario**). Estos impactos al igual que para la pérdida de vegetación de selvas y bosques fueron evaluados como **sinérgicos** ya que la vegetación ambientalmente contribuye en los ecosistemas (abastecimiento de agua, reducción de Co<sub>2</sub>, generación de O<sub>2</sub>, sitios para el refugio y alimento de fauna), afectando así mismo el drenaje superficial que originalmente se contaba a lo largo de las pendientes, transportando material por el desmonte de vegetación (**acumulativos y sinérgicos**).

Así mismo, se presenta otro impacto y es en relación a la vulnerabilidad a la erosión hídrica (**impacto primario**) que se presentará sobre la superficie del suelo en sitios a aperturar, una vez desmontada la cubierta vegetal necesaria para la construcción de las obras permanentes, caracterizándose como un impacto **acumulativo y sinérgico**, ya que la constante lluvia será un efecto continuó sobre aquellas áreas desmontadas, la cual propiciará no solo su erosión, si no que conllevará a la degradación de este recurso (**impacto secundario**), ocasionando que la productividad del mismo sea menor con el paso del tiempo o se presente una degradación biológica del mismo.

TERRACERÍAS									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
<b>DESPALME</b>									
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	4	Moderado	Suspensión de polvos por despalme de suelo.	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	4	4	4	Crítico	Transporte de material producto de despalme	Si	Si	Si
	Estabilidad	4	4	4	Severo	Menor estabilidad de suelos susceptibles a los movimientos sísmicos o por fallas geológicas.	No	Si	Si
FAUNA	Especies y poblaciones en general	2	1	4	Moderado	Muerte de fauna que desarrolla sus actividades en madrigueras o galerías	No	No	No
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	4	Severo	Mortalidad de peces por aumento de turbidez	No	Si	Si
MEDIO PERCEPTUAL	Visibilidad	1	4	4	Severo	Mayor campo de visión hacía otras zonas aledañas	Si	Si	Si
	Calidad paisajística	1	4	4	Severo	Impactos en la singularidad de las topoformas del terreno	Si	Si	Si
	Fragilidad	2	4	4	Severo	Impacto de la fragilidad del paisaje (topoforma) a lo largo del eje	Si	Si	Si



EXCAVACIONES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	4	Moderado	Suspensión de polvos por cortes de acuerdo a las obras requeridas para el proyecto	No	Si	No
SUELO	Relieve y carácter topográfico	2	1	4	Severo	Modificación a la topografía natural del suelo	No	No	Si
HIDROLOGÍA	Calidad química y biológica del agua	4	4	4	Severo	Alteración de la calidad río Tehuantepec por el depósito del suelo producto de las excavaciones	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	4	4	4	Severo	Pérdida de suelos, transportando material orgánico y suelo hacia las partes bajas de las laderas.	No	Si	Si
	Estabilidad	4	4	4	Crítico	Movimientos y caídas de materiales y fragmentos de roca en el cuerpo de la carretera y hacia la ladera baja	Si	Si	Si
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Afectación de los estratos presentes sobre derecho de vía por mala disposición temporal de estrato rocoso	No	Si	No

EXCAVACIONES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	4	4	4	Severo	Afectación de los estratos presentes sobre derecho de vía por mala disposición temporal de estrato rocoso	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Afectación de los estratos presentes sobre derecho de vía por mala disposición temporal de estrato rocoso	No	Si	Si
	Vegetación riparia en estado primario	4	4	4	Severo	Afectación de los estratos presentes sobre derecho de vía por mala disposición temporal de estrato rocoso	No	Si	Si
	Especies bajo la NOM-059	2	1	4	Moderado	Afectación a individuos bajo algún estado de conservación por mala disposición de estrato rocoso	No	No	No
	Especies prioritarias para la conservación	2	1	4	Moderado	Afectación a individuos bajo algún estado de conservación por mala disposición de estrato rocoso	No	No	No
FAUNA	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Moderado	Muerte de fauna que desarrolla su actividades en madrigueras o galerías	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Pautas de comportamiento	4	4	4	Severo	Cambio de las rutas de forrajeo	No	Si	Si

EXCAVACIONES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Movilidad de especies	2	4	4	<b>Moderado</b>	Modificación de las rutas de desplazamiento de los organismos	No	Si	No

FORMACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Compactación	2	4	4	<b>Moderado</b>	Compactación de material para formar el terraplén	No	Si	No
FAUNA	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	4	<b>Moderado</b>	Mortalidad de peces por aumento de turbidez	No	Si	No
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	Equipamiento y servicios	2	4	4	<b>Moderado</b>	Toma de agua del río Tehuantepec para regar superficies de suelo en la construcción de terraplenes	No	Si	No

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

Se verá afectado durante las actividades de despalme y excavación, la calidad química y biológica del agua, encontrando que de acuerdo a la evaluación cualitativa se presentarán ***impactos acumulativos*** para éste subfactor, ya que, al momento de colocar el material producto de estas actividades en sitios cercanos a cuerpos de agua permanentes como intermitentes se ocasionará el arrastre o transporte de sólidos hacia los cuerpos de agua (***impacto primario***) causando el depósito de éstos a lo largo del tiempo (***impacto secundario***), aunado con el arrastre de sedimentos y residuos que actualmente ya se presenta en la zona por descarga de residuos, resulta ser un ***impacto severo y sinérgico*** ya que afecta la calidad y disponibilidad de este recurso para otros organismos que dependen de él (***impactos severos y acumulativos*** para las especies de ictiofauna y de consumo).

Durante las actividades de excavación, los impactos también estarán enfocados a daños a la fauna que desarrolla su actividades en madrigueras o galerías, lo que potencialmente ocasionará su muerte o daño (***impacto primario***), por lo tanto este impacto fue evaluado como ***moderado y sinérgico***.

Uno de los impactos más relevantes en éstas actividades es que se ocasionará un impacto al subfactor de relieve y carácter topográfico (***severo y sinérgico***) y el de estabilidad (factor: procesos del medio inerte) el cual se presentará con la menor firmeza de suelos en los taludes (***impacto primario***), teniendo como efectos caídas de materiales y aportación de suelo que se concentrarán en las depresiones naturales del terreno y que en época de lluvias escurrirán hasta encontrar áreas de deposición natural y escurrimientos (***impacto crítico***). Este impacto en el caso del subfactor de transporte de sólidos, se verá incrementado al aperturar sitios no previamente autorizados de acuerdo al resolutivo del 2003, ya que en sus secciones de corte se expondrá a nuevas áreas de suelo (***impacto acumulativo***), siendo que se seguirá aportando sedimentos (***impacto primario***) además de producirse deslizamientos de suelo en donde se realicen los cortes y rellenos (terraplenes) del camino (***impacto secundario***).

Estos impactos tienen un carácter de ***sinergia***, como el efecto que ocasionará para las rutas de forrajeo y desplazamiento de los organismos (***impacto severo y moderado respectivamente***).

Por otra parte se afectará el componente natural del paisaje (calidad paisajística) sobre su topografía original (***impacto primario***) debido a que se realizaran cortes (excavaciones), ya que se requerirá debido a las características técnicas necesarias, por lo tanto, es evaluado este impacto como ***residual***, ya que a pesar de aplicar medidas no podrá recuperarse la topografía natural de

los sitios donde se requieran mayores cortes a pesar de que se limiten las actividades de excavación solo a las obras permanentes; de la misma manera se tendrán **impactos residuales** en las áreas con fragilidad y visibilidad del paisaje, debido a que se afectará vegetación en estado primario (**impacto primario**) que provee de **servicios como estabilidad del suelo, captación de agua y moderación en la escorrentía a través de los sitios con pendientes pronunciadas**, lo que, con lleva a que el área se vuelva más vulnerable a una resiliencia menor sobre el deslizamiento de tierra y una rápida erosión de la geoformas a lo largo del tiempo, al no contar con una medida que evite estos **impactos secundarios**.

Durante el despalme y excavación se ocasionará un **impacto acumulativo** a la atmósfera por la saturación de polvos que aumentarán y se presentarán (**impacto primario y moderado**), ya que actualmente se cuenta con caminos de terracería donde potencialmente se ocasiona el levantamiento de tierra y polvos, que se suspenden en el aire depositándose en los alrededores (vegetación o cuerpos de agua intermitentes). La mala disposición del material producto de las excavaciones produce potencialmente un impacto acumulativo principalmente sobre los estratos vegetales primarios, degradando las condiciones del lugar donde se desarrollan las especies durante la construcción del proyecto, ya que no permite, que las plantas crezcan por falta de luz, cambio en su microclima o que no exista interacción ecológica que ayude a su dispersión hacia otros sitios.

El impacto de la deposición de polvos y suelo durante la formación de terraplenes sobre el agua se caracterizó no solo como acumulativo si no **sinérgico y moderado**, ya que se afectan ecosistemas y hábitats de especies de fauna acuática. Así mismo, se tienen impactos acumulativos por la compactación y toma de agua de río Tehuantepec, ya que en el área de influencia éste tipo de impactos se encuentran presentes.

DRENAJE									
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE MENOR						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
<b>HIDROLOGÍA</b>	Calidad química y biológica del agua	2	1	4	<b>Severo</b>	Contaminación de cuerpos de agua por residuos generados del material de construcción para esta actividad	No	No	Si
<b>PROCESOS DEL MEDIO INERTE</b>	Dinámica de cauces	2	4	4	<b>Severo</b>	Interrupción temporal de los cauces de agua	Si	Si	Si
	Transporte de sólidos	2	4	4	<b>Moderado</b>	Azolve de los cuerpos de agua intermitentes y permanentes	No	Si	No
	Erosión	2	4	4	<b>Severo</b>	Vulnerabilidad a la erosión media y alta, así como procesos de degradación de suelo de tipo físico y químico	No	Si	Si
<b>FAUNA</b>	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	<b>Severo</b>	Muerte de individuos adultos y estados larvarios de ranas, así como tortugas juveniles y adultas que se desarrollan en pozas de agua	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	<b>Severo</b>	Muerte de individuos adultos y estados larvarios de anfibios que no están en la nom-059	No	Si	Si
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	1	<b>Moderado</b>	Muerte de peces por alteración temporal del escurrimiento	No	Si	No



CONSTRUCCIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Dinámica de cauces	2	1	4	Moderado	Interrupción temporal de los cauces de agua	No	No	No
	Erosión	2	2	4	Moderado	Vulnerabilidad a la erosión debido a la caída de agua sobre suelo natural sin protección	No	No	No

La dinámica de cauces (**impacto primario**) se verá afectado una vez que comience a caer las primeras lluvias, ya que se modifica la dirección natural de los escurrimientos intermitentes debido a la construcción de las obras complementarias de drenaje, los cuales, captan y conducen en un solo curso y en otra dirección varios escurrimientos afectando estratos herbáceos que muy probable hacían uso del agua y la humedad presente en el suelo, siendo de tipo **moderado y acumulativo** el impacto identificado.

Las obras de drenaje a instalarse a lo largo de la troncal donde se va a aperturar, también ocasionará un impacto negativo sobre los procesos del medio inerte debido a que se generarán residuos durante la construcción de los mismos y su mal manejo y disposición pueden ocasionar el transporte de los sólidos a cuerpos de agua (**impacto moderado y primario**), incrementando aquellos ya presentes en los alrededores de caminos (**acumulativo**), los cuales pueden llegar hasta los mantos freáticos por su lixiviación e impactando la calidad del agua (**severo y sinérgico**).

Potencialmente se ocasionará también la vulnerabilidad a la erosión (**impacto primario**), así como, procesos de degradación del suelo de tipo físico de manera constante a lo largo del tiempo principalmente durante la temporada de lluvias, los cuales se sumarán a aquellos procesos de erosión y degradación ya presentes en el área de influencia (**impacto acumulativo**).

PAVIMENTOS									
CONSTRUCCIÓN DE CARPETAS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Microclima	2	4	4	Severo	Cambios importantes en la superficie asfaltada durante las horas de mayor temperatura.	No	Si	Si
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	4	4	4	Severo	Pérdida de captación de agua pluvial en toda la línea de ceros	No	Si	Si

Durante la construcción de carpetas y mezclas asfálticas se identificó un **impacto acumulativo** hacia el subfactor del microclima (**severo y sinérgico**), ya que una vez que se cubra el terraplén de asfalto se provocará el incremento de temperatura sobre la superficie (**impacto primario**), la cual no será mitigable una vez que se provoque este efecto, pero si podrá regularse durante las temporadas de lluvias. Por otra parte la pérdida de captación de agua será un impacto **acumulativo, severo y sinérgico**, ya que se perderá una importante superficie de captación hacia el subsuelo del recurso hídrico, la cual también es necesaria para otros procesos del ecosistema y para los organismos.

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL									
CONSTRUCCIÓN DE ENTRONQUES, PASOS VEHÍCULARES Y PASOS SUPERIORES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	4	Moderado	Suspensión de polvos por las superficies a afectar necesarias para la construcción de infraestructura adicional	No	Si	No
	Microclima	1	4	4	Moderado	Mayor incidencia de luz y viento a las especies que viven bajo sombra	No	Si	No
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Moderado	Menor superficie de captación de agua pluvial en las superficies de afectación	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Dinámica de cauces	1	4	4	Moderado	Interrupción temporal de los cauces de agua	Si	Si	No
	Transporte de sólidos	2	4	4	Moderado	Arrastre de material producto de despalme	No	Si	No
	Erosión	2	4	4	Moderado	Vulnerabilidad a la erosión baja, media y alta, así como, procesos de degradación de suelo de tipo físico	No	Si	No
	Compactación	2	4	4	Severo	Compactación por el paso constante de maquinaria, ya que será un camino de acceso a los demás frentes de trabajo	No	Si	Si

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL									
CONSTRUCCIÓN DE ENTRONQUES, PASOS VEHÍCULARES Y PASOS SUPERIORES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Estabilidad	1	4	4	Moderado	Menor estabilidad de suelos por desmonte de vegetación y despalle de la superficie de afectación necesaria para las estructuras adicionales a partir del km 127.	No	Si	No
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	1	4	4	Moderado	Remoción de estrato vegetal arbustivo y arbóreo sobre la superficie afectar para entronques y PIV's	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	1	4	4	Moderado	Remoción de estrato vegetal arbustivo y arbóreo sobre la superficie a afectar para entronques	No	Si	No
	Especies bajo la NOM-059	2	4	4	Moderado	Afectación de individuos por remoción de estrato vegetal	No	Si	No
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Moderado	Afectación de individuos por remoción de estrato vegetal	No	Si	No
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de organismos por desmonte de vegetación primaria	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de organismos por desmonte de vegetación primaria	No	Si	Si

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL									
CONSTRUCCIÓN DE ENTRONQUES, PASOS VEHÍCULARES Y PASOS SUPERIORES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de organismos por desmonte de vegetación primaria	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Moderado	Muerte de organismos por desmonte de vegetación primaria y secundaria	No	Si	No
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	4	4	4	Severo	Alteración de los sitios con vegetación primaria donde las especies desarrollan sus actividades como alimentación, refugio entre otras y generación de bordes y fragmentación	No	Si	Si
	Movilidad de especies	2	4	4	Moderado	Interrupción de las rutas naturales	Si	Si	No
	Pautas de comportamiento	2	4	4	Moderado	Interrupción de actividades como forrajeo y reproducción en sitios con vegetación primaria	No	Si	No

RAMPAS DE EMERGENCIA		SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Microclima	1	4	4	Moderado	Mayor incidencia de luz y viento a las especies que viven bajo sombra	No	Si	No
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Moderado	Menor superficie de captación de agua pluvial en las superficies de afectación	No	Si	No
PARADEROS		SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Moderado	Menor superficie de captación de agua pluvial en las superficies de afectación	No	Si	No

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL									
MIRADOR		SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	4	Moderado	Suspensión de polvos por la superficie a afectar para la construcción de la infraestructura adicional	No	Si	No
	Microclima	1	4	4	Moderado	Mayor incidencia de luz y viento a las especies que viven bajo sombra	No	Si	No



OBRAS DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL									
MIRADOR		SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Moderado	Menor superficie de captación de agua pluvial en las superficies de afectación	No	Si	No
	Transporte de sólidos	2	4	4	Moderado	Arrastre de material producto de despalme	No	Si	No

CAMINOS DE ACCESOS PARA EL EJE TRONCAL Y OBRAS DE DRENAJE MAYOR (PUENTES Y VIADUCTOS)						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	4	Moderado	Incremento de la suspensión de polvos por movimiento de vehículos y maquinaria en los caminos ya aperturados por la población y aquellos que se aperturarán para los frentes de trabajo a partir del km 127+000 y aquellos para las obras de drenaje mayor	Si	Si	Si
	Microclima	2	4	4	Severo	Incremento de la temperatura y humedad creando efectos borde	No	Si	Si
HIDROLOGÍA	Transporte de sólidos	2	4	4	Severo	Arrastre de material producto de la apertura de caminos	No	Si	Si

CAMINOS DE ACCESOS PARA EL EJE TRONCAL Y OBRAS DE DRENAJE MAYOR (PUENTES Y VIADUCTOS)						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Régimen hídrico	4	4	4	Severo	Disminución de infiltración y captación de agua por las plantas para abastecimiento de agua subterránea	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Drenaje superficial	2	4	4	Severo	Afectación al drenaje superficial e incremento de escorrentía sobre estos caminos	No	Si	Si
	Erosión	4	4	4	Severo	Vulnerabilidad a la erosión alta y procesos de degradación de suelo de tipo físico	No	Si	Si
	Compactación	4	4	4	Severo	Compactación sobre los caminos de acceso por el paso constante de maquinaria	No	Si	Si
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	4	4	4	Moderado	Desmante de la vegetación en sitios donde la maquinaria no pueda cruzar por pendientes inclinadas para la instalación de obras mayores	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	4	4	4	Severo	Desmante de la vegetación en sitios donde la maquinaria no pueda cruzar por pendientes inclinadas para la instalación de obras mayores	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Desmante de la vegetación en sitios donde la maquinaria no pueda cruzar por pendientes inclinadas para la instalación de obras mayores	No	Si	No

CAMINOS DE ACCESOS PARA EL EJE TRONCAL Y OBRAS DE DRENAJE MAYOR (PUENTES Y VIADUCTOS)						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Vegetación riparia en estado primario	4	4	4	Severo	Desmante de la vegetación en sitios donde la maquinaria no pueda cruzar por pendientes inclinadas para la instalación de obras mayores	No	Si	Si
	Especies bajo la NOM-059	4	4	4	Severo	Pérdida y alteración de las especies en categoría de riesgo	No	Si	No
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Moderado	Pérdida de especies susceptibles a la colecta y venta de ornato	No	Si	No
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de animales por trabajos de desmante	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de polluelos en nidos	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de animales por trabajos de desmante, principalmente por mamíferos arborícolas o nocturnos	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Severo	Muerte de algunas especies no protegidas dentro de oquedades o sobre árboles	No	Si	Si

CAMINOS DE ACCESOS PARA EL EJE TRONCAL Y OBRAS DE DRENAJE MAYOR (PUENTES Y VIADUCTOS)						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	4	4	4	Severo	Alteración de los sitios donde las especies desarrollan sus actividades como alimentación, refugio entre otras y generación de bordes y fragmentación	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO BIOTICO	Movilidad de especies	4	4	4	Severo	Interrupción de las rutas naturales	No	Si	Si
	Pautas de comportamiento	4	4	4	Severo	Interrupción de actividades como forrajeo y reproducción	No	Si	Si
MEDIO PERCEPTUAL	Fragilidad	2	4	4	Severo	Afectación de la fragilidad del paisaje a lo largo del Río Tehuantepec por fragmentación de la cobertura vegetal	No	Si	Si
ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	Actividades económicas inducidas	2	4	4	Severo	Incremento de actividades agrícolas por el acceso a otros terrenos, y la pesca sobre río Tehuantepec	No	Si	Si

CAMINOS DE ACCESO A BANCOS (TIRO Y PRESTÁMO)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Microclima	2	4	4	Moderado	Cambio de la temperatura y humedad creando efectos borde	No	Si	No

CAMINOS DE ACCESO A BANCOS (TIRO Y PRESTÁMO)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Severo	Menor superficie de captación de agua pluvial en las superficies de afectación	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	2	4	4	Severo	Arrastre de material producto de la apertura de caminos	No	Si	Si
	Erosión	4	4	4	Severo	Vulnerabilidad a la erosión alta y procesos de degradación de suelo de tipo físico	No	Si	Si
	Compactación	2	4	4	Severo	Compactación sobre los caminos de acceso por el paso constante de maquinaria	No	Si	Si
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	2	4	4	Severo	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	4	4	4	Severo	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	2	4	4	Severo	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	Si
	Especies bajo la NOM-059	4	4	4	Severo	Afectación de especies por desmonte	No	Si	Si

CAMINOS DE ACCESO A BANCOS (TIRO Y PRESTÁMO)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Severo	Saqueo de especies con valor ornamental	No	Si	Si
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de animales por trabajos de desmonte	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de polluelos en nidos	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Muerte de animales por trabajos de desmonte, principalmente por mamíferos arborícolas o nocturnos	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Severo	Muerte de algunas especies no protegidas dentro de oquedades o sobre árboles	No	Si	Si
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	4	4	4	Severo	Alteración de los sitios donde las especies desarrollan sus actividades como alimentación, refugio entre otras y generación de bordes y fragmentación	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Movilidad de especies	4	4	4	Severo	Interrupción de las rutas naturales	No	Si	Si
	Pautas de comportamiento	4	4	4	Severo	Interrupción de actividades como forrajeo y reproducción	No	Si	Si



CAMINOS DE ACCESO A BANCOS (TIRO Y PRESTÁMO)									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
Medio perceptual	Visibilidad	2	4	4	Severo	Mayor campo de visión hacía otras zonas aledañas	No	Si	Si
	Calidad paisajística	1	4	4	Severo	Afectación a la calidad, singularidad y naturalidad del paisaje del ecosistema de selvas bajas en estado primario y secundario a partir del km 127	No	Si	Si
	Fragilidad	1	4	4	Severo	Afectación a la fragilidad del paisaje a lo largo del río Tehuantepec por fragmentación de la cobertura vegetal	No	Si	Si

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

Cuando la capa vegetal y parte del suelo es removido, el ciclo de infiltración y recarga del agua freática cambia a escurrimientos pluviales, entonces el agua de lluvia corre casi inmediatamente a los ríos y cuerpos intermitentes del área de influencia, trayendo con ella todo tipo de sedimentos (***impacto primario y severo*** en el aspecto de transporte de sólidos para las actividades de construcción de obras adicionales); así mismo, cabe resaltar que el aumento de superficies desmontadas a la línea de cerros del eje troncal significa menos infiltración y con ello menos recarga de las capas freáticas (Impacto en el régimen hídrico, de tipo ***sinérgico y acumulativo***).

De la misma manera, las actividades de creación de caminos de acceso para el eje troncal, obras de drenaje mayor y de bancos (tiro y préstamo) impactan el régimen hídrico en el área, caracterizados como impactos ***sinérgicos y severos***, aunados a aquellos por el desmonte de vegetación tanto en estado de conservación primaria como secundaria, resultan **SEVEROS, ACUMULATIVOS Y SINÉRGICOS**, debido a que de acuerdo a las características del proyecto (pendientes muy abruptas y topografía variable) se tendrá que realizar la apertura de caminos donde la maquinaria no pueda cruzar a los otros frentes de trabajo y aunque no siempre se podrá hacer aprovechamiento de los caminos ya existentes (aperturados por las mismas comunidades) se afectarán potencialmente a las comunidades vegetales, donde algunos individuos se encuentran bajo la norma o incluso aunque no se encuentren bajo algún estatus, algunas son prioritarias para su conservación (***impactos severos y acumulativos***), como el caso de cactáceas o bromelias, lo que puede provocar su saqueo por el valor ornamental que representan.

La apertura para ajustes de alineación, elevación del eje y un cambio de ruta de 13.3 km aunado con la apertura de caminos de acceso e infraestructura adicional, generará impactos acumulativos por el cambio de uso de suelo, provocando pérdida de la cobertura vegetal y un cambio en la estructura y función de las comunidades (***impactos moderados*** para el caso de coberturas en estado secundario, principalmente para aquellas superficies donde se establecerán entronques y PIV'S donde ya existe apertura de caminos por parte de las comunidades), perdiéndose elementos originales (comunidades en estado primario), entre ellos las especies con poblaciones en riesgo que se distribuyen principalmente en las selvas secas (***severo***). La eliminación se asocia también a la pérdida de "calidad del paisaje y fragilidad" debido a la afectación de la singularidad y naturalidad de ecosistemas de selvas bajas en estado primario a partir del km 127 (***impactos severos y acumulativos***) atribuidos a la disminución de la cobertura, que ocasiona incluso un mayor campo de visión a nivel paisajístico (subfactor de visibilidad).

Si bien el proyecto constituye la pérdida de cobertura vegetal por la necesidad de contar con caminos de acceso (eje troncal, caminos hacia obras de drenaje mayor y bancos), esta obra incrementará la interrupción de las rutas naturales de la fauna (**impacto primario, severo y sinérgico**) y ocasionará el efecto de borde (**impacto secundario**) de los actuales caminos de terracería que llegan al eje, aumentando el tamaño de la barrera física entre las poblaciones de fauna que cruzarán a cada lado, impactando así mismo las actividades de forrajeo, descanso y reproducción dependiendo de la biología de la especie (**impacto severo y sinérgico**).

La vegetación provee también de servicios como funciones importantes, que son el proveer de refugio a innumerables especies de flora - fauna (impacto hacia los hábitats, siendo de tipo **severo** por las actividades de construcción de infraestructura adicional así como por la apertura de caminos de acceso) y captación de agua que permite elevar las condiciones ecológicas, además sus interacciones ecológicas, que resultan ser aún más importantes puesto que se tiene reportado especies bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los caminos al igual que la afectación a superficies para la colocación de infraestructura adicional, potencialmente presentará la incidencia de atropellamientos y daños a la fauna, de la cual no se conoce a ciencia cierta el grado de afectación que podría tener en las poblaciones de animales, afectando tanto a fauna bajo algún estatus de conservación o no (**severos y acumulativos**).

La muerte de los organismos no solo será por el atropellamiento hacia la fauna durante la operación de los caminos de acceso, si no, por el desmonte y despalme de la vegetación y suelo para la construcción del proyecto como es infraestructura adicional y caminos de acceso (**impacto sinérgico**), afectando principalmente a especies de herpetofauna.

Por otra parte el ecosistema actualmente recibe aporte de sedimentos de otras actividades ajenas al proyecto, sin embargo, se identificó que el incremento en el aporte de éstos sedimentos potencialmente pueden presentarse, debido a las actividades del despalme y excavación que se realizarán para el proyecto tanto para el eje troncal como para la infraestructura adicional, incrementándose su efecto negativo con los caminos de acceso (**impactos acumulativos y severos**) y como consecuencia la sinergia que este impacto puede tener en conjunto con otros que ya se encuentran presentes, como ha sido la deforestación, la descarga de aguas residuales, las actividades agrícolas y la contaminación por residuos sólidos.

La compactación finalmente es un impacto que a lo largo del tiempo será **acumulativo** durante el uso de los caminos de acceso nuevos a aperturar (**severo y sinérgico**) por el paso constante de vehículos pesados o la compactación inevitable que tendrá en los sitios donde se establecerá la infraestructura adicional, la cual, no podrá mitigarse, ya que serán obras permanentes, sin embargo, para el caso de los nuevos caminos de accesos se pueden implementar medidas de rehabilitación de los sitios a partir del Km 127+000, ya que solo se requerirán cuando las condiciones del terreno no permitan que la maquinaria pueda cruzar hacia los demás frentes de trabajo.

CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR									
CONSTRUCCIÓN DE SUBESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMÓSFERA	Microclima	1	4	4	Moderado	Mayor incidencia de luz y viento a las especies que viven colindantes a los pilotes a instalar	No	Si	No
HIDROLOGÍA	Calidad química y biológica del agua	2	4	4	Moderado	Modificación de calidad del agua por residuos generados durante la colocación de pilotes	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	2	4	4	Moderado	Azolve del material producto de la excavación	No	Si	No
FLORA	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	2	4	4	Moderado	Afectación de componentes vegetales donde estarán ubicados los pilotes	No	Si	No
	Vegetación riparia en estado primario	2	4	4	Moderado	Afectación de componentes vegetales donde estarán ubicados los pilotes	No	Si	No
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Moderado	Alteración del hábitat de orquídeas, bromelias y cactáceas	No	Si	No

CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR									
CONSTRUCCIÓN DE SUBESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
FAUNA	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	1	4	Moderado	Muerte de peces en los cuerpos de agua donde se requiera la colocación de pilotes	No	No	No
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	2	4	4	Severo	Impactos en el medio donde se desarrolla la nutria por la adición de material particulado durante esta actividad	No	Si	Si
CONSTRUCCIÓN DE SUPERESTRUCTURA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
HIDROLOGÍA	Calidad química y biológica del agua	2	4	4	Moderado	Contaminación por caída de material constante para la construcción de puentes y viaductos	No	Si	No
FAUNA	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	4	Moderado	Muerte de peces por arrastre de lixiviados por residuos generados de ésta actividad	No	Si	No
ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	Salud y seguridad	2	1	4	Severo	Incremento de riesgos y accidentes por la construcción de la infraestructura	No	No	Si



TÚNELES									
CONSTRUCCIÓN DE TUNELES						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Confort Sonoro Diurno	2	4	4	Moderado	Emisión de ruido por generación de los explosivos	No	Si	No
SUELO	Relieve y carácter topográfico	2	1	4	Moderado	Retiro de algunos horizontes del suelo	Si	No	No
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	2	4	4	Moderado	Variación de la cantidad de agua que se infiltra al subsuelo por el agua de lluvia	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	2	4	4	Severo	Azolve del material producto de la excavación	No	Si	Si
	Estabilidad	2	4	4	Moderado	Menor estabilidad de suelos susceptibles a los movimientos sísmicos o por fallas geológicas.	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	2	4	4	Moderado	Afectación de estratos presentes para la apertura de portales	No	Si	No
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Moderado	Afectación de individuos por remoción de estrato vegetal	No	Si	No
FAUNA	Hábitats faunísticos de especies silvestres	2	4	4	Moderado	Alteración del hábitat por arrastre de material producto de la excavación, debido a la inclinación del terreno presente	No	Si	No

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

Los impactos más significativos en la colocación de puentes y viaductos están relacionados en la modificación de la calidad del agua (***impacto primario y significativo***) por las actividades de la maquinaria durante sus maniobras, ya que se puede potencialmente ocasionar la contaminación del agua por derrames de residuos peligrosos o caída de materiales y por ende daño a las poblaciones de fauna (impacto secundario) que se encuentren en el sitio (sinérgico).

Durante la instalación de pilotes, se afectará vegetación de zonas cálida en estado primario y vegetación riparia y especies prioritarias para su conservación, debido a que se requerirá de remover algunos individuos la cual a su vez conlleva un impacto sobre el microclima, donde se presentará mayor incidencia de luz y viento a las especies que se localizan cerca de los sitios desmontados, más sin embargo, son ***impactos moderados y primarios***, que presenta ***sinergia***, ya que afectará el hábitat de la fauna en el sitio que desarrollen sus actividades de anidación y refugio (***impacto severo y acumulativo***) o incluso durante el desarrollo de sus actividades, como el caso de la ictiofauna (***impacto moderado***) que se encuentre cerca de los sitios para el caso de los pilotes que serán ubicados en los lechos de cuerpos de agua.

La salud y seguridad de los trabajadores durante la construcción de puentes y viaductos, son impactos identificados como ***severos***, debido a las actividades a realizar lo que implica mayores riesgo, por lo que, se consideran las medidas que eviten o reduzcan estas afectaciones para todo el personal.

Los impactos hacia el suelo para el sub-factor de relieve y carácter topográfico fueron evaluados como ***moderados y sinérgicos*** (construcción de túneles), debido a que se retirará los horizontes del suelo dejando solo una parte del mismo, donde permitirá darle continuidad a la superficie vegetal, siendo residual su caracterización, debido a que no se podrá mitigar del todo el impacto que ocasiona el retiro del suelo, afectando incluso la estabilidad del sitio donde se ubicará (***moderado, acumulativo y sinérgico***). Los impactos hacia la vegetación de zonas cálidas en estado primario así como a posibles especies prioritarias para su conservación por la construcción del túnel serán por la apertura de portales, los cuales se caracterizan como ***moderados*** y de tipo ***sinérgicos***, debido a que la emisión de ruido por uso de explosivos (***moderado y acumulativo***) implica a la alteración de los hábitats que depende la fauna, ahuyentándolos y afectando sus actividades, siendo solo caracterizados como ***severos*** aquellos que potencialmente se presentarán por el arrastre de material producto de la excavación hacia las partes más bajas del lugar y

llegando hasta recursos hídricos (*impactos moderados, sinérgicos y acumulativos*), lo que afectaría a la calidad del agua y aumento de turbidez del recurso (*impactos secundarios*)

BANCOS DE TIRO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Microclima	4	4	4	Severo	Cambios en la temperatura y humedad de las áreas destinadas como bancos a partir del km 127+000	No	Si	Si
HIDROLOGÍA	Régimen hídrico	4	4	4	Crítico	Menor superficie de captación de agua pluvial en las superficies de afectación, debido al desmonte de vegetación	No	Si	Si
	Calidad química y biológica del agua	4	4	4	Crítico	Modificación de la calidad del agua por arrastre de los residuos dispuestos en estos sitios	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	4	4	4	Crítico	Arrastre de material depositado en los bancos de tiro	No	Si	Si
	Drenaje superficial	2	4	4	Severo	Afectación al drenaje superficial e incremento de escorrentía sobre la superficies a afectar	No	Si	No
	Erosión	4	4	4	Severo	Vulnerabilidad a la erosión baja, media y alta, así como, procesos de degradación de suelo de tipo físico	No	Si	No

BANCOS DE TIRO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
	Estabilidad	4	4	4	<b>Crítico</b>	Inestabilidad del material dispuesto en el sitio por terrenos inclinados	No	Si	Si
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	2	4	4	<b>Moderado</b>	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	4	4	4	<b>Crítico</b>	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	4	4	4	<b>Severo</b>	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	No
	Especies bajo la NOM-059	4	4	4	<b>Severo</b>	Afectación de especies por desmonte	No	Si	Si
	Especies prioritarias para la conservación	4	4	4	<b>Severo</b>	Saqueo de especies con valor ornamental	No	Si	No

BANCOS DE TIRO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Mortalidad de anfibios y réptiles en bancos de tiro por desmonte de aquellos que presenten vegetación secundaria y primaria,	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Mortalidad de polluelos y caída de nidos que se encuentran en árboles que se desmonten en bancos con vegetación secundaria y primaria	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Mortalidad de mamíferos arborícolas o de hábitos nocturnos y de otras especies que habitan madrigueras y galerías, en la vegetación secundaria y primaria a desmontar	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	4	4	4	Severo	Mortalidad de especies no protegidas y oportunistas que habitan en las zonas de los bancos con vegetación nativa y zonas de cultivo	No	Si	No
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	4	4	4	Severo	Mortalidad de peces por el incremento de sedimentos a los ríos en bancos cercanos	No	Si	Si
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	4	4	4	Severo	Pérdida de hábitats para las distintas especies de fauna	No	Si	Si



BANCOS DE TIRO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Movilidad de especies	4	4	4	Severo	Intervención de segmentos de los corredores potenciales de fauna	No	Si	No
	Pautas de comportamiento	4	4	4	Severo	Alteración de las actividades de forrajeo, descanso e interacciones.	No	Si	Si
MEDIO PERCEPTUAL	Calidad paisajística	1	4	4	Severo	Afectación de la naturalidad y calidad del paisaje en sitios donde no existe una fuerte presencia humana	No	Si	Si
	Fragilidad	4	4	4	Crítico	Impacto de la fragilidad del paisaje por desmonte de vegetación en estado primario y secundario	No	Si	Si
ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	Salud y seguridad	2	1	4	Severo	Incremento de riesgos y accidentes por derrumbes de suelo	No	No	Si

BANCOS DE PRESTAMO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	4	4	Moderado	Suspensión de materiales durante la extracción de material	No	Si	No
SUELO	Calidad química y biológica del agua	2	4	4	Severo	Incremento de la turbidez del agua por actividades de extracción de material	No	Si	Si
HIDROLOGÍA	Dinámica de cauces	4	4	4	Severo	Modificación de la geometría del cauce	Si	Si	Si
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	4	4	4	Moderado	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	Si
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Pérdida de cobertura vegetal	No	Si	No
	Especies bajo la NOM-059	2	4	4	Severo	Afectación de especies por desmonte	No	Si	Si

BANCOS DE PRESTAMO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	4	Severo	Saqueo de especies con valor ornamental	No	Si	Si
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Mortalidad de anfibios y reptiles en bancos de préstamo donde existan pozas o perchas para reproducción, alimentación y descanso	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Mortalidad de polluelos y caída de nidos que se encuentran en árboles presentes en bancos de préstamo donde exista estrato arbóreo	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Mortalidad de mamíferos arborícolas o de hábitos nocturnos y de otras especies que habitan madrigueras y galerías, en la vegetación secundaria y primaria	No	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Moderado	Mortalidad de especies no protegidas y oportunistas que habitan en bancos con vegetación nativa y zonas de cultivo	No	Si	No
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	4	Severo	Mortalidad de peces por el incremento de sedimentos a los ríos en bancos establecidos en el lecho del río Tehuantepec	No	Si	Si
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	2	4	4	Moderado	Modificación del hábitat cercana a la rívera del río en donde habitan especies afines a cuerpos de agua y en bancos donde exista vegetación primaria y secundaria	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Movilidad de especies	2	4	4	Severo	Intervención de segmentos de los corredores potenciales de fauna	No	Si	Si

BANCOS DE PRESTAMO									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
	Pautas de comportamiento	4	4	4	Severo	Alteración de las actividades de la nutria de río en bancos cercanos a la rivera del Río Tehuantepec	No	Si	Si
MEDIO PERCEPTUAL	Fragilidad	1	4	4	Severo	Impacto de la fragilidad del paisaje por desmonte de vegetación en estado secundario	No	Si	Si

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

Cuando la capa vegetal sea removida, el agua correrá casi inmediatamente a los ríos y arroyos del área de influencia, trayendo con ella todo tipo de sedimentos (***impactos críticos, acumulativos y sinérgicos***) durante las actividades relacionadas a bancos de tiro, por lo que es un impacto crítico debido a la cantidad de bancos ubicados a lo largo del río Tehuantepec, los cuales se localizan en pendientes que van desde los 0 a los 45° en gran parte de su superficie, por lo que, a través del tiempo puede aportar sedimentos al río o hasta llegar a deslizarse gran cantidad de suelo afectando de manera severa la calidad del agua, y siendo aún más crítico el hábitat de las especies principalmente el de la nutría de río (*Lontra longicaudis*); cabe resaltar que el aumento de las superficies desmontadas significará menos infiltración, aumentando los resultados que se tiene para el eje troncal dentro del derecho de vía autorizado con sus excedentes y con ello menos recarga de las capas freáticas (impacto crítico y acumulativo), lo que trae consigo el impacto en el área de influencia, siendo que a lo largo del tiempo potencialmente se puede reducir un importante volumen de agua para la recarga del subsuelo y estar disponible para los cuerpos de agua.

La interacción entre las actividades de los bancos de tiro y de préstamo (desmonte de vegetación) y los factores ambientales resultaron ser ***Crítico*** para la vegetación primaria a partir del km 127+000 (selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y vegetación riparia) debido a que presenta un buen estado de conservación (impactos también ***sinérgicos***), sin embargo, de acuerdo a los sitios donde se extraerá material (bancos de préstamo) este impacto resulta ***moderado***, ya que, la ubicación de algunos se encuentran en la zona templada, donde existe presencia de vegetación secundaria.

Se ha evaluado como impacto ***severo y sinérgico*** el desmonte potencial de especies bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 o incluso prioritarias para su conservación. De acuerdo al diagnóstico ambiental del SAR, la calidad ecológica del sitio es considerada como de mediana calidad, ya que actualmente provee como servicio ambiental con dos funciones importantes que son el proveer refugio a innumerables especies de flora - fauna y gran captación de agua que permite elevar las condiciones ecológicas, además sus interacciones ecológicas, resultan ser aún más importantes puesto que se tiene reportado especies bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010, como la guacamaya verde (*Ara militaris*), la nutria (*Lontra longicaudis*), el puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*).

De acuerdo ya a lo descrito, la fauna se verá afectada de forma directa por la fragmentación y pérdida del hábitat, ya que la construcción del eje troncal requiere de la creación de bancos de tiro (**impactos acumulativos**) lo que provocara también la posible interrupción de rutas naturales y su acceso al Río Tehuantepec (**severos y sinérgicos**).

La muerte de los organismos durante las actividades de desmonte de vegetación para el uso de las áreas como bancos de tiro y de préstamo (**impacto sinérgico y severo**), afectarán principalmente a especies de mastofauna, herpetofauna o polluelos que se encuentren en los nidos bajo alguna categoría de riesgo, siendo éstos impactos de tipo **moderados** solo para el caso de especies y poblaciones en general.

La interrupción de las actividades de forrajeo y reproducción de la fauna (**impacto severo y sinérgico**) durante el uso de los bancos, así como, el incremento en la turbidez del agua (subfactor: calidad química y biológica del agua) (**crítico y sinérgico**) por el transporte de sólidos, afecta las actividades de la nutria, así como, su afectación por ruido, luz y presencia humana a especies sensibles como las guacamayas, potencialmente ocasionará que puedan abandonar sus sitios de actividad, debido a que son especies que desarrollan sus actividades sin presencia humana y que requieren de características ambientales específicas para sobrevivir.

Estos impactos son resultado del muestreo de campo que se ha realizado actualmente y que ha confirmado estas especies cohabitando en el área de influencia donde el trazo original (SCT) sometido a DGIRA en el 2003 fue aprobado, siendo que estos impactos son **significativos (severos y sinérgicos)**, sin embargo, se han contemplado medidas que reduzcan este impacto durante la operación del proyecto.

Los impactos sobre la estabilidad del suelo de los bancos son **críticos** debido a todos los movimientos de materiales que se dispondrán en el lugar, lo que originará la caída potencial de los mismos hacia las partes más bajas de las laderas, debido a que se disponen en superficies con pendientes de hasta 45°, siendo importante mencionar que la menor estabilidad del área de influencia también se debe a que es una zona susceptible a movimientos sísmicos y fallas geológicas.

Otro aspecto que se ha evaluado como severo se relaciona a la erosión hídrica (**impacto severo y acumulativo**), sin embargo, hay que recordar que este impacto se presentará de manera temporal en los sitios donde estarán los bancos, debido a que se le colocará el residuo producto de los cortes. Así mismo, son temporales los impactos como el caso de la suspensión de polvos



ocasionado por la extracción del material en los bancos de préstamo, siendo evaluado como ***impacto moderado***.

Se tiene que se ha identificado como ***impactos severos*** el caso del microclima durante la actividad relacionada con el desmonte de vegetación para los bancos, ya que, sobre las superficies que se desmontarán se creará a través del día una temperatura mayor en el microclima de su superficie desmontada en comparación con aquella que contaba con la cobertura vegetal, afectando a especies que solían vivir bajo el cobijo de tal vegetación.

Para mayor detalle del análisis de los bancos ver anexo del capítulo V de éste documento (Digital e impreso).

RETIRO DE OBRAS PROVISIONALES									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
SUELO	Contaminación del suelo y subsuelo	2	4	4	Moderado	Contaminación del suelo por la generación de residuos durante el desmantelamiento de las obras	No	Si	No
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Erosión	2	4	4	Severo	Vulnerabilidad a procesos de erosión media, baja y alta por suelo descubierto de vegetación	No	Si	Si

OPERACIÓN DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA									
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA	IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
ATMOSFERA	Nivel de gases de combustión	1	1	4	Severo	Contaminación de la atmósfera por la emisión de gases contaminantes por la combustión de maquinaria pesada no verificada	No	No	Si
	Polvos, humos, partículas en suspensión	1	1	4	Moderado	Partículas en suspensión por acarreo de materiales (de desperdicio, de préstamo), equipos, insumos y movimiento de maquinaria	No	No	No

**OPERACIÓN DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA**

					IMPACTO	IMPACTO	IMPACTO	IMPACTO	
	Confort Sonoro Diurno	1	4	4	Moderado	Emisión de ruido por uso de equipo y maquinaria pesada para la construcción de toda la obra civil	No	Si	No
	Confort Sonoro Nocturno	1	1	4	Severo	Emisión de ruido por uso de equipo para trabajos urgentes y necesarios	No	No	Si
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Degradación del sitio donde se desarrolla vegetación por paso constante de maquinaria	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	2	1	4	Moderado	Degradación del sitio donde se desarrolla vegetación por paso constante de maquinaria	No	No	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	2	4	4	Moderado	Degradación del sitio donde se desarrolla vegetación por paso constante de maquinaria	No	Si	No
SUELO	Contaminación del suelo y subsuelo	2	4	4	Severo	Contaminación al suelo por el derrame de aceite por uso de maquinaria para la construcción de la obra civil y aquellos que estén estacionados.	No	Si	Si
HIDROLOGÍA	Calidad química y biológica del agua	2	1	4	Moderado	Variación a la calidad del agua por fugas de aceite de vehículos operando cerca de cuerpos de agua permanentes e intermitentes	No	No	No

OPERACIÓN DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA									
					IMPACTO	IMPACTO	IMPACTO	IMPACTO	
<b>PROCESOS DEL MEDIO INERTE</b>	Compactación	2	4	4	<b>Moderado</b>	Compactación del suelo sobre derecho de vía por la construcción de la obra civil	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>FAUNA</b>	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	<b>Severo</b>	Atropello de organismos	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	<b>Moderado</b>	Atropello de organismos	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	4	<b>Moderado</b>	Mortalidad de peces por derrame de aceites y combustibles	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO</b>	Pautas de comportamiento	4	4	4	<b>Severo</b>	Especies sensibles como la guacamaya abandonen los sitios de actividad	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>
<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>	Calidad paisajística	2	4	4	<b>Moderado</b>	Impacto de la naturalidad de la zona por mayor movimiento y ruido de vehículos y maquinaria a lo largo del eje y su área de influencia	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

Durante el retiro de las obras provisionales, se generarán residuos como materiales utilizados para la construcción de bodegas, almacenes e incluso puede tenerse suelo contaminado por el manejo de los residuos peligrosos como puede ser aceite y otras sustancias químicas, lo que no solo ocasionará la contaminación del sitio (***impacto primario***), sino que, puede incrementarse el grado de impacto al momento de caer las primeras lluvias, ya que pueden producirse lixiviados y contaminar las siguientes capas del suelo a lo largo del tiempo (***impacto acumulativo***), resultando éste daño en una degradación química e incluso física, afectando la productividad de este recurso (***impacto secundario***) en su uso para otras actividades.

La contaminación del suelo y subsuelo (***impacto primario***) por el derrame de aceite por uso de maquinaria y aquellos que estén estacionados, ocasionará también como impacto ***primario***, el daño a los componentes naturales del paisaje (***impacto moderado y acumulativo***) aunado con aquellos que ya están presentes.

Otro de los impactos identificados durante el desmantelamiento de las obras provisionales, fue para el factor de los procesos del medio inerte, ya que, algunas áreas quedarán desprovistas de vegetación al momento de levantar el material que sea haya utilizado en algún almacén o bodega sobre el piso, ocasionando a través del tiempo la erosión del suelo descubierto (***impacto primario***) y propiciar su degradación donde la calidad del recurso sea mala y no pueda ser utilizado para fines agrícolas o no sea óptimo para el establecimiento de vegetación. Estos dos impactos fueron caracterizados como ***sinérgicos*** y también son evaluados como ***severos y acumulativos***, ya que, los usos de suelo de algunas de las áreas cercanas al proyecto, son para tipo urbano, agrícola y ganadero, las cuales ya han contribuido con éste daño al suelo.

Con el uso de la maquinaria los niveles de ruido se harán presentes en el área impactando al confort sonoro (***impacto primario y acumulativo***), además de que pueden incrementarse debido a que actualmente circulan por los caminos de terracería varios vehículos que se dirigen a las localidades, no solo afectando este recurso, si no, perturbando aquellas especies (subfactor: pautas de comportamiento) que sean más sensibles a este impacto y que diariamente usan áreas de vegetación como zonas de refugio, alimento, reproducción o desplazamiento continuo a otras zonas cercanas al desarrollo del proyecto (***impacto severo y sinérgico***), sin embargo, estos impactos serán temporales durante la construcción del proyecto.

Así mismo, se identificó otro impacto hacia la fauna, ya que, durante la operación de la maquinaria, muchas ocasiones existen derrames de aceites o por el urgente arreglo de éstos

vehículos por fallas imprevistas, originan residuos peligrosos, los cuales contaminarán al suelo y al agua (**impactos primarios y sinérgicos**), lo que potencialmente ocasionaría el daño directo a especies que vive en cuerpos de agua (impactos severos).

Las emisiones a la atmósfera por la operación de la maquinaria es otro impacto **primario y acumulativo** que se identificó para el proyecto, siendo importante decir que se requerirá del control de las emisiones a toda la maquinaria y equipos que se utilicen, sin embargo, una vez que se termine de construir el proyecto, este impacto no se presentará. Al momento de circular la maquinaria no solo se afectará la calidad de la atmósfera por las emisiones, si no que se impactará el suelo constantemente debido al paso que tendrá que realizar los vehículos para poder llegar a los frentes de trabajo, compactando (**impacto primario y acumulativo**) y dejándolo en pobres condiciones para que la flora pueda establecerse (**impacto secundario**), además de que la compactación produce un **impacto sinérgico** al dejar al suelo en desfavorables condiciones para utilizarlo de manera productiva .

Por otra parte, durante la circulación de la maquinaria, también se presentarán impactos a la fauna, debido al atropello de organismos principalmente a la herpetofauna (**impactos severos y primarios**) no intencional por parte de los trabajadores que se presenten, haciendo alusión que deberá concientizarse a todos ellos para realizar los trabajos constructivos de acuerdo a las indicaciones que se realicen antes y durante la operación del equipo. Este impacto fue evaluado como **sinérgico**, ya que muchas especies de herpetofauna permanecen las primeras horas del día en lugares donde puedan asolearse y termoregularse, por lo que, el daño hacia sus poblaciones por atropello afecta la dinámica poblacional, sin dejar pasar por alto a especies y poblaciones en general (**impacto moderado, acumulativo y sinérgico**).

Debido a que durante la etapa de construcción del proyecto, se estarán desarrollando actividades de movimiento de vehículos pesados y aquellas relacionadas por las obras provisionales, lo que afectará la naturalidad del paisaje de la zona (**impacto moderado**) principalmente por el movimiento constante de equipo y personal, por lo que, a pesar de que se tengan medidas que restrinjan estas actividades a ciertos puntos, seguirán presentes éstos impactos hasta que se retiren las obras provisionales y maquinaria, por lo tanto, este impacto será de carácter temporal, siendo que también, será temporal la emisión de los polvos por el paso constante de la maquinaria sobre caminos de acceso, lo que provocará la suspensión de los mismos en el área, así como, el transporte de materiales hacia diversos puntos (**impactos moderados y primarios**).



### ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### OPERACIÓN

CIRCULACIÓN VEHICULAR DIARIA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
ATMOSFERA	Nivel de gases de combustión	2	4	4	Moderado	Contaminación de la atmósfera por la emisión de gases contaminantes por la combustión de combustibles por vehículos no verificados	Si	Si	No
	Confort Sonoro Diurno	4	4	4	Severo	Incremento de ruido por vehículos y actividades humanas (turismo, comercio, etc.)	Si	Si	Si
	Confort Sonoro Nocturno	4	4	4	Severo	Perturbación del ruido natural del ecosistema, por el paso constante de vehículos durante la noche	Si	Si	Si
SUELO	Contaminación del suelo y subsuelo	2	4	4	Severo	Contaminación al suelo por residuos que se desechen en el transcurso del viaje de usuarios de la carretera	No	Si	Si
HIDROLOGÍA	Calidad química y biológica del agua	4	1	4	Moderado	Modificación de la calidad de los cuerpos de agua debido a la operación del mirador y parador integral de Narro	Si	No	No
PROCESOS DEL MEDIO INERTE	Transporte de sólidos	2	4	4	Moderado	Contaminación al suelo y cuerpos de agua por el arrastre de residuos generados por gente que desarrolle actividades económicas cercanas a la carretera o por usuarios que transiten la autopista.	No	Si	No

### ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### OPERACIÓN

CIRCULACIÓN VEHICULAR DIARIA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
FLORA	Vegetación de zonas templadas en estado secundario	1	4	1	Moderado	Competencia y desplazamiento de especies nativas por la introducción de especies exóticas y especies oportunistas.	No	Si	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado primario	2	1	1	Moderado	Competencia y desplazamiento de especies nativas por la introducción de especies exóticas y especies oportunistas.	No	No	No
	Vegetación de zonas cálidas en estado secundario	1	4	1	Moderado	Competencia y desplazamiento de especies nativas por la introducción de especies exóticas y especies oportunistas.	No	Si	No
	Vegetación riparia en estado primario	2	1	1	Moderado	Competencia y desplazamiento de especies nativas por la introducción de especies exóticas y especies oportunistas.	No	No	No
	Especies bajo la NOM-059	2	4	1	Moderado	Pérdida de individuos por colecta o aprovechamiento.	No	Si	No
	Especies prioritarias para la conservación	2	4	1	Moderado	Pérdida de individuos por colecta o aprovechamiento.	No	Si	No
FAUNA	Especies protegidas y/o singulares de herpetofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Atropello de organismos	Si	Si	Si

### ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### OPERACIÓN

CIRCULACIÓN VEHICULAR DIARIA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
	Especies protegidas y/o singulares de ornitofauna (NOM-059-2010)	2	4	4	Severo	Atropello de organismos, cacería y extracción de especies	No	Si	Si
	Especies protegidas y/o singulares de mastofauna (NOM-059-2010)	4	4	4	Severo	Atropello de organismos, cacería y extracción de especies	Si	Si	Si
	Especies y poblaciones en general	2	4	4	Severo	Atropello de organismos, cacería y extracción de especies	Si	Si	Si
	Especies de ictiofauna nativas y de consumo	2	4	4	Severo	Mayor acceso al río tehuantepec para pesca	No	No	Si
	Hábitats faunísticos de especies silvestres	4	4	4	Severo	Degradación de los hábitat aledaños a la carretera	No	Si	Si
PROCESOS DEL MEDIO BIÓTICO	Movilidad de especies	4	4	4	Severo	Generación de efecto barrera que dificulta su desplazamiento hacia el río tehuantepec y otros sitios del área de influencia	Si	Si	Si
	Pautas de comportamiento	4	4	4	Crítico	Desplazamiento de guacamayas y nutrias de sus sitios de descanso por la afectación de ruido y luz durante la operación de vehículos en la noche	Si	Si	Si

### ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### OPERACIÓN

CIRCULACIÓN VEHICULAR DIARIA						IMPACTO	IMPACTO RESIDUAL	IMPACTO ACUMULATIVO	IMPACTO SIGNIFICATIVO
FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR	SI	AC	EF	CATEGORÍA				
MEDIO PERCEPTUAL	Calidad paisajística	1	4	4	Severo	Impactos en la calidad, naturalidad y singularidad del paisaje por un escenario con mayor incidencia de actividades humanas	No	Si	Si
	Fragilidad	1	4	4	Severo	Impacto de la fragilidad del paisaje natural por actividades antropogénicas y generación de residuos	No	Si	Si
DINAMICA POBLACIONAL	Asentamientos irregulares	4	4	1	Severo	Incremento de construcción de casas a lo largo de la autopista y establecimiento de negocios comerciales	No	Si	Si
ACTIVIDADES Y RELACIONES ECONÓMICAS	Actividades económicas	2	4	1	Moderado	Actividades económicas inducidas por el establecimiento del mirador	No	Si	No
	Salud y seguridad	1	1	4	Severo	Incremento de accidentes por exceso de velocidad y riesgo de los usuarios por derrumbes a causa de la inestabilidad del suelo	No	No	Si

### ***Impactos acumulativos, residuales y sinérgicos.***

La generación de los niveles de combustión que se presenten en la circulación vehicular diaria provocaran un ***impacto acumulativo y primario***, debido a que el proyecto permitirá el incremento de flujo de vehículos, siendo un impacto acumulativo a causa de la constante emisión de contaminantes que se generarán a lo largo del día por la combustión de vehículos que usen gasolina o diésel.

Actualmente ya se presenta perturbación de emisiones de contaminantes y ruido debido a los caminos de terracería que utilizan los usuarios que se dirigen hasta otras localidades, esto nos da una idea clara de lo importante que será el impacto por ruido (confort sonoro diurno y nocturno) sobre el factor ambiental hacia la atmósfera (***impacto primario, severo y acumulativo***) al momento de operar la carretera, ya que se tendrá un acceso de comunicación de mayor calidad, que incrementará el tránsito y los niveles de ruido. Así mismo, se identificó también que potencialmente al momento de operar el proyecto, se ahuyentará más a la fauna hacia sitios más adentrados y cerrados en la vegetación (***impacto secundario***), debido al paso de vehículos, por lo tanto, se reflejará en el estrés y aislamiento de algunos individuos (***sinérgico y crítico***) ocasionando incluso su aislamiento (caso de las guacamayas) hacia otras áreas del ecosistema.

Otra de las situaciones encontradas durante la operación de esta vialidad es que se provocará un impacto indirecto (***secundario***) en la dinámica poblacional y en las actividades y relaciones económicas, por el establecimiento poco a poco que se dará de comercios (***impacto severo y acumulativo***); éstos impactos resultan ***ser severos y sinérgicos***, debido a que se potencializa a crear en un futuro sitios conurbados o el incremento de campos agrícolas, lo que ocasionarán la degradación de los ecosistemas que se encuentran inmersos en el área de influencia.

Los cambios de uso de suelo que se tendrá por las actividades que se detonarán cuando comience a operar el proyecto originará impactos en los componentes naturales del paisaje al aumentar el ruido y la calidad del paisaje (***impacto primario, severo y acumulativo***), así mismo, afectará la fragilidad del paisaje del área de influencia (***primarios y sinérgicos***) debido a la contaminación por residuos que se puede dar (***impacto secundario***), así como, aquellos residuos generados (***impactos moderados y sinérgicos***) por los usuarios que transiten por la carretera, ya que se contempla paraderos y un mirador. Este impacto es caracterizado como ***acumulativo***, ya que, la generación de residuos será continua cuando el proyecto comience a operar y la gente transite. Así mismo, se tiene que la contaminación del suelo y cuerpos de agua por el arrastre de residuos que sean

depositados en lugares no adecuados (**impacto primario**) son daños que son caracterizados como **acumulativos y sinérgicos**, ya que, la generación de los mismos será constante.

Por otra parte, actualmente se presentará incidencia de atropellamientos hacia la fauna (**impacto primario y residual**), de la cual no se conoce a ciencia cierta el grado de afectación que tiene en las poblaciones de animales y la afectación que tendrá en sus densidades poblacionales (**impacto secundario**). La velocidad que toman algunos vehículos, como la negligencia al conducir, así como los atropellamientos intencionales y el detrimento de la calidad ambiental de la vegetación en los bordes de este camino de terracería que se dará pone en peligro eminente la mayoría de las veces en que las especies por alguna razón u otra requieren de atravesar el camino. Estos impactos fueron evaluados como **residuales y acumulativos**, ya que cuando el proyecto comience a operar, estos impactos no podrán reducirse, a pesar de aplicar medidas que reduzcan el impacto como la ubicación de los pasos de fauna, ya sea en zonas perturbadas o no, por lo que no será un daño mitigable en su totalidad, ya que no todos los organismos harán uso de los pasos de fauna en algún momento y no siempre para el conductor es posible evitar el atropello, por lo tanto el riesgo siempre estará presente.

Los impactos negativos identificados para la fauna en la etapa de operación también resultan ser **acumulativos y sinérgicos** en la degradación de sus hábitats aledaños a la carretera (**impacto primario**), debido a que se crea mayor fragmentación y efecto borde (**impactos secundarios**), resaltando que este impacto ya estaba presente en la zona templada, y se agravará si no se toman las medidas adecuadas al regular asentamientos humanos, y el manejo adecuado de los residuos, ocasionando la competencia por territorios entre las especies.

Es importante destacar que al momento en que se vea afectada de forma directa la fauna debido al incremento en la circulación vehicular diaria, se seguirá provocando la posible interrupción de rutas probables (**impacto primario y severo**) de mamíferos, anfibios y reptiles, lo que causara el atropellamiento de éstas especies animales, sumándose a los impactos que ya se tienen (**impacto acumulativo**) en la interrupción de las rutas, además de reducir potencialmente sus ámbitos hogareños para buscar otros sitios con menos perturbación de ruido y presencia humana (**impacto secundario**).

Finalmente se describe que se tendrá competencia de especies exóticas u oportunistas en los alrededores de la carretera (**impacto secundario y acumulativo**), ya que, la actividad humana tendrá mayor afluencia y con el paso de algunos años potencialmente se puede comenzar a establecer viviendas y comercios cercanos y mucho más probable el incremento de cultivos para



su subsistencia, haciendo de estos ecosistemas vulnerables a la competencia de otras especies de flora que no se encontraban (*impacto sinérgico*).

### V.3.2 Impactos por la eliminación de los túneles (10 estructuras).

Debido a la necesidad de realizar mejoras en la geometría del trazo como fueron alineaciones verticales y horizontales, así como, la reducción de las áreas de exposición de los cortes y un cambio de ruta, éstos cambios originaron la necesidad de eliminar 10 túneles de los 13 autorizados solo para el tramo 2 del proyecto Mitla-Tehuantepec, por lo que se presentó en el capítulo 2 de éste estudio la justificación técnica de dichos cambios, sin embargo, se realizó una evaluación de los impactos generados por el proyecto 2003 a diferencia del proyecto en evaluación 2014 presentándolo de la manera siguiente: a) Una evaluación de todas las obras consideradas y que fueron presentadas en su momento para el proyecto 2003 (puentes, túneles, eje troncal y obras asociadas) así como todas aquellas que se presentan para éste estudio en evaluación (2014) como son túneles, puentes, viaductos, eje troncal, obras asociadas y provisionales solo para los conceptos de: Cambio de uso de suelo, fragmentación, superficie de infiltración (régimen hídrico), movimiento de suelos, efecto barrera y borde (movilidad de especies), erosión y acceso a zonas conservadas, y b) Una evaluación para estos mismos conceptos pero comparando solo los impactos que se presentarán en los sitios donde se consideró contemplar la construcción de los 13 túneles, como obras que permitirían reducir la fragmentación del ecosistema de acuerdo al proyecto del 2003 con respecto a las obras que actualmente se contemplan en el proyecto del 2014, ubicadas a la altura de estos 10 túneles eliminados.

#### V.3.2.1 Comparativa de impactos del proyecto 2003 y 2014.

De acuerdo a la comparativa de impactos para ambos proyectos, es importante mencionar que el hecho de haber eliminado 10 de los 13 túneles que se proyectaron en el eje del 2003 no generó el incremento de impactos de moderados a severos o la presencia de impactos críticos presentes en el proyecto del 2014, sino que, el conjunto de obras proyectadas en el 2003 no consideraba la necesidad técnica y de ingeniería real que implicaba la construcción de éste proyecto, como fue las alineaciones verticales y horizontales necesarias para proyectar un eje más estable y con taludes de menor pendiente, el incremento de obras de drenaje (mayor y menor) necesarias, obras adicionales y provisionales; por lo que, no se tuvo como resultados el incremento del

número de impactos que actualmente se pueden ver con éste proyecto en evaluación (2014), así mismo, se tuvo el incremento en la magnitud de algunos impactos que incluso fueron identificados en el 2003 debido que se aumentaron la cantidad de puentes, y otros impactos que si fueron identificados en éste proyecto (2014) pero que no fueron analizados y evaluados en el 2003 como la presencia de la guacamaya verde (*Ara militaris*), la nutría de río (*Lontra longicaudis*), y algunos felinos como el Jaguar (*Pantera onca*) entre otros, por lo tanto, la importancia del impacto incrementa en varios factores ambientales, incluso en su magnitud, dando como resultado varios impactos significativos para el proyecto 2014. Consiguientemente el eliminar 10 túneles no ocasiona el incremento de impactos como se puede ver en la imagen V.11, si no que el conjunto nuevo de obras que presenta éste proyecto 2014 en evaluación, genera la presencia de impactos significativos, como por ejemplo los cambios de uso de suelo los cuales incrementan en impactos moderados, severos y críticos comparados con lo que se planteó y se requería en el proyecto planteado del 2003 (ver figura V.11), debido a que los excedentes necesarios y los bancos de tiro y caminos de acceso ocasionan el incremento del cambio de uso de suelo, sin embargo, estos impactos son mitigables ya que se pueden reforestar, sitios que en un mediano plazo pueden volver a realizar y a capturar el CO<sup>2</sup> e infiltrar agua hacía el subsuelo, mitigando por lo tanto dicho impacto para obras que son necesarias pero que son temporales para el proyecto. Por lo tanto el incremento de cambio de uso de suelo incrementa la reducción de la superficie de infiltración como se puede ver en la presencia de un mayor número de impactos severos (ver figura V.11) debido a la apertura de caminos de acceso, bancos de tiro no contemplados en el 2003, y la superficie excedente necesaria, presentándose también impactos severos debido a los bancos de tiro contemplados. Para el caso de la erosión hubo una reducción de impactos moderados ya que la obra contempla más estructuras de obras de drenaje menor y complementarias que permitirán que se reduzca el impacto, sin embargo muchos se incrementaron por los desmontes y cortes que se realizarán dejando al suelo desprovisto de vegetación, sin embargo, se tienen las medidas que reducirán los impactos como la colocación de muros verdes y protección de taludes, así como, la rehabilitación y restauración de las áreas temporales como bancos y caminos de acceso en el momento en que dejen de ser usados.

***Una de las características del proyecto del 2014, se debe a que el proyecto reduce los impactos moderados del efecto borde y barrera por la colocación de un mayor número de obras las cuales también reducen los impactos de la fragmentación en el ecosistema por permitir que se tenga continuidad de la vegetación y el paso de la fauna, incluso para el proyecto del 2003 se tenían impactos críticos para la fragmentación y el efecto borde y barrera, siendo destacable que el***

***proyecto del 2014 en base a la colocación de un mayor número de obras de drenaje, adecuación, construcción o ampliación de las mismas se ocasiona que no se cuenten con los impactos críticos que se identificaron en el 2003, lo que hace de éste estudio más viable en cuanto estos dos factores***, sin embargo, algunos impactos aumentaron (impactos severos) principalmente por la creación de caminos de acceso y bancos en la zona cálida que es donde se tiene una mejor calidad ecológica, impactos en los que si son bien aplicadas las medidas y a través de una buena supervisión y en su caso la aplicación del plan de contingencia para los bancos, realmente se puede garantizar que los efectos van a disminuir, comprometiéndose el promovente a presentar los indicadores que demuestran que el ecosistema ha sido restaurado y que de acuerdo a los pronósticos del escenario, la inserción del proyecto no generará impactos adicionales que puedan afectar la resiliencia del ecosistema.

El impacto sobre el acceso a zonas conservadas, si bien es cierto que disminuye en sus impactos moderados para el 2014, se debe a que aumentaron los impactos severos por otras obras que no se había contemplado en el 2003, es decir el impacto cambio en su importancia de moderado a severo, sin embargo, es importante mencionar que la eliminación de los 10 túneles de los cuales la mayoría se ubicaban en sitios que ya presentaban fragmentación del ecosistema no ocasionaron el incremento de dichos impactos, si no, por la apertura de caminos de acceso en la zona cálida, los cuales no estaban planteados en el proyecto del 2003. Estos impactos pueden ser mitigables y puede evitarse el acceso a los sitios conservados bajo la garantía de rehabilitar los mismos caminos y cubrirlos nuevamente con cobertura vegetal producto del rescate de flora, además de una concientización de los trabajadores para evitar el saqueo de las especies. Ésta acción también podría apoyarse y garantizar un menor acceso al área de influencia del proyecto si se tuviera actividades en conjunto con las comunidades que se interesan por conservar áreas de forma voluntaria, como se ha visto en el estado de Oaxaca en diversos lugares.

Finalmente el movimiento de materiales incremento en impactos severos debido que al elevar la rasante se tiene que realizar mayores cortes que permitan contar con taludes menos inclinados, lo que ocasiona mayor generación de suelo, por lo que, el movimiento de los residuos y la actividad de cortes potencialmente afecta a diversos factores por el efecto del arrastre hacia su área de influencia (impactos severos no presentes en el proyecto del 2003, los cuales eran caracterizados pero moderados), así mismo, el contar con impactos críticos, se debe a los bancos de tiro, ya que su ubicación en lugares no precisamente en terrenos planos, si no con pendientes que van desde los 0 a los 45° puede potencialmente generar que los residuos se dispersen afectando la cobertura vegetal y llegando incluso hasta el río Tehuantepec, ocasionando un impacto sinérgico, ya que éste

cuerpo receptor es hogar de la nutría de río y es un recurso en el cual también dependen muchos organismos.

### Comparación de Impactos ambientales del proyecto 2003 y del proyecto 2014

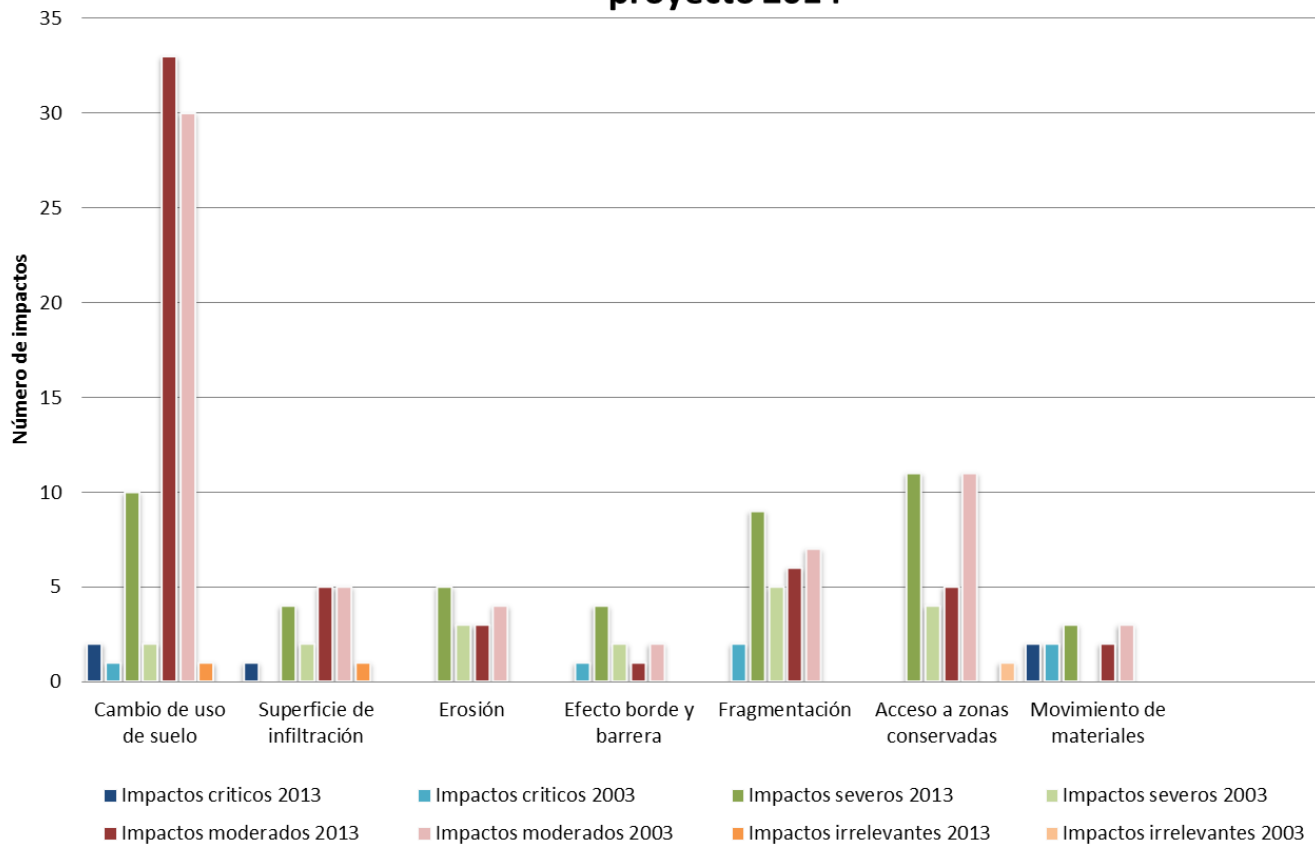


Imagen V.11 Imagen comparativa de los impactos ocasionados por el proyecto 2003 y el proyecto 2014 para los factores de cambio de uso de suelo, superficie de infiltración, erosión, efecto borde y barrera, fragmentación, acceso a zonas conservadas y movimiento de materiales.

Imagen V.12

### V.3.2.2 Comparativa de impactos del proyecto 2003 y 2014 específicamente sobre túneles.

Se tiene como resultado que la eliminación de los 10 túneles de los 13 planteados en el proyecto del 2003 generará un incremento en la cantidad de impactos moderados en las etapas de construcción y operación. Estos impactos específicamente en los sitios donde se eliminaron los 10 túneles, se caracterizan de ésta forma debido a que presentan coberturas vegetales de bosques templados en estado ya secundario, donde en sus alrededores se encuentran caminos de acceso o terracerías que comunican a las diferentes localidades del área de influencia, así mismo, se localizan asentamientos humanos, terrenos para uso agrícola y extracción de recursos como el caso de madera para carbón, por lo que, su función originalmente de conectar fragmentos forestales en buen estado de conservación no habría tenido el objetivo de permitir la continuidad de un ecosistema que estuviera menos accesible a las actividades antropogénicas, por lo tanto su importancia y magnitud al no ser considerados resulta en un impacto moderado siendo no significativo, así mismo, 7 de los 10 túneles no coinciden con los corredores de fauna detectados por el muestreo realizado durante todo un año, estructuras que tampoco beneficiarían el cruce seguro de la fauna, el cual no se tendrían impactos positivos para reducir la fragmentación entre las poblaciones de fauna, además de reducir el efecto paisajístico cuando ya se cuentan con actividades que en un futuro seguirán impactándolo con o sin proyecto (Ver anexos digitales del capítulo VII en mapas de túneles).

El número de impactos por no considerar 10 túneles aumentan debido al cambio de uso de suelo de 1.711 km principalmente para la vegetación de la zona templada en estado secundario (Estratos arbóreos y arbustivos), debido a que en lugar de contemplar túneles se contará con terraplén; hay que recordar que los cambios efectuados de túneles a terraplén son por cuestiones técnicas donde no es posible su inclusión, sin embargo, aunque se tiene un incremento de la superficie de cambio de uso de suelo, el sitio contará con un eje geométrico mucho mejor tanto en aspectos técnicos como ambientales, con cortes menos pronunciados y con taludes que mantendrán una mejor estabilidad y una cubierta para reducir los impactos moderados con respecto a la erosión y transporte de sólidos, sin embargo, éste último impacto para el proyecto del 2014 incrementa en su importancia siendo éste de moderado a severo (Ver figura V.13), ya que, debido a la actividad de cortes que se realizarán en estos sitios donde se ubicaban los túneles, se adicionará (impacto acumulativo) la cantidad de material expuesto que puede ser transportado hacia las partes bajas del terreno afectando la calidad del agua, sin embargo, las

medidas de retención de sedimentos y protección de taludes reducirá el impacto severo, siendo éste impacto identificado en un escenario pero sin la aplicación de las medidas, pero con un escenario con medidas aplicadas el impacto se reduce su importancia.

Como puede verse en las siguientes imágenes los túneles ubicados paralelo al trazo se encontraban en sitios donde los cortes van desde 15 a 30 m, por lo que, a pesar de realizar las modificaciones de cambios tanto horizontales como verticales, se incrementa los impactos severos en cuanto a movimiento de suelos (transporte de sólidos), impactos que pueden ser mitigables. Es por ello que se puede ver en la imagen V.13 que existe un incremento de impactos severos con el proyecto propuesto para el 2014.

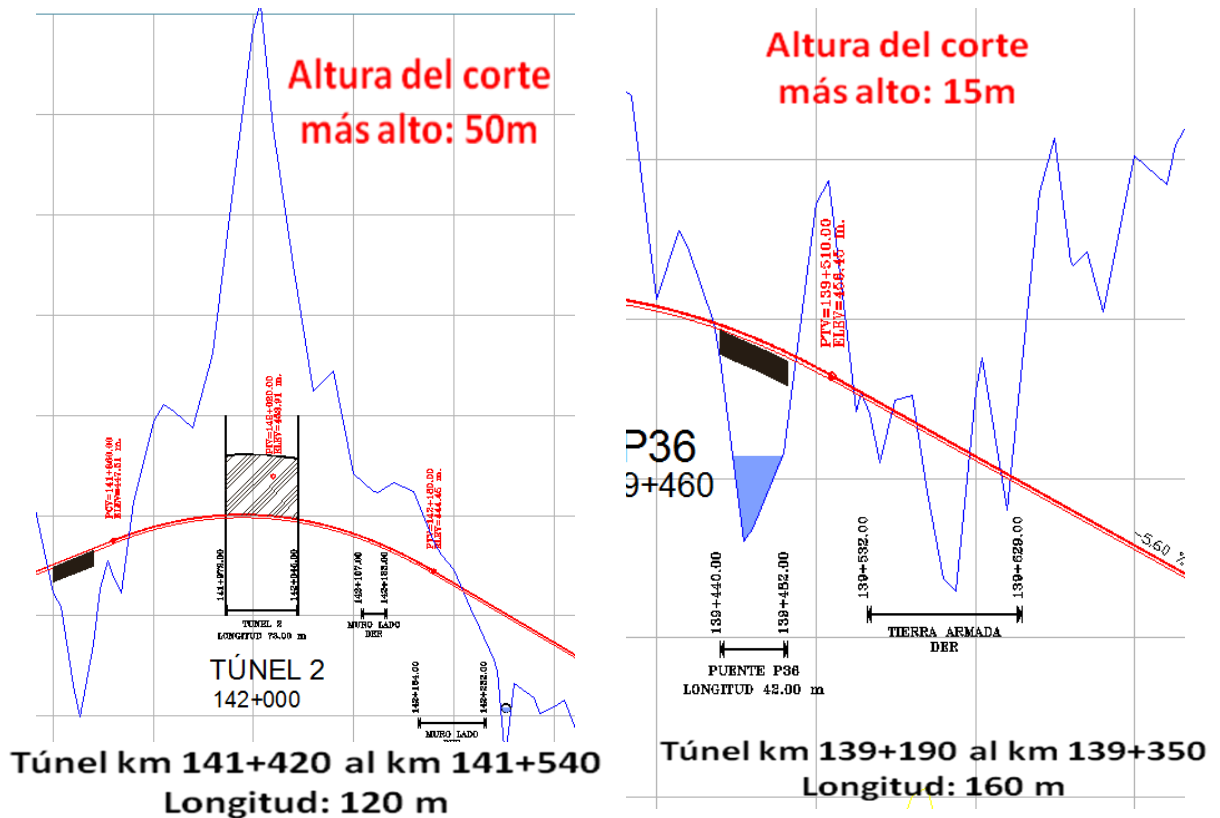


Imagen V.13 Ubicación de dos túneles los cuales muestran que se proyectarían en alturas desde 15 a 50 metros.



El cambio de uso de suelo para el proyecto en evaluación (2014) también impacta la superficie de infiltración que se puede tener dentro del derecho de vía, siendo que con los cálculos ya obtenidos por los servicios ambientales que genera la cobertura vegetal se afectará una captación de infiltración de 444,180.32 m<sup>3</sup> solo para el eje troncal (autorizado) la cual será compensada con una superficie igual o mayor para reducir dicho impacto. Si comparamos solo la superficie del eje troncal ya autorizado contemplando la superficie de lo que ocuparían los 13 túneles, se tiene que se perdería con el proyecto del 2003 una captación de 440,917.74m<sup>3</sup>, siendo solo una diferencia de incremento de 3,262.58m<sup>3</sup> con respecto al eje propuesto del 2014 dentro de lo autorizado (444,180.32 m<sup>3</sup>) por no considerar 10 túneles (solo superficie autorizada no considerando excedentes ni superficie de obras provisionales y asociadas ); esto también conlleva a analizar la captación de Co<sub>2</sub>, donde la pérdida de remoción de vegetación del eje troncal el cual consideraba los 13 túneles en el proyecto 2003 perdería 45,978.06 Tc/ha, mientras que para el eje troncal para el proyecto del 2014 sin contemplar 10 túneles se perderá 46,317.47 Tc/ha., una diferencia de 339.41 Tc/ha de pérdida de captura de carbono.

Así mismo, se incrementa el número de los impactos moderados por la afectación de especies bajo la norma NOM-059-SEMARNAT-2010 y especies prioritarias bajo alguna categoría de conservación, debido a que se requiere en estos sitios donde se encontraban los 10 túneles la remoción de la cobertura, sin embargo, las medidas de rescate y reubicación de flora mitigarán el efecto y serán destinadas a los sitios donde se realizará las acciones de reforestación y restauración de acuerdo a los sitios designados.

El impacto en la fragmentación de los sitios no es significativo solo por eliminar 10 túneles, ya que 9 de ellos se ubicaban en zonas con vegetación en estado secundario, además de que los 13 túneles solo representaban de todo el trazo del eje 2003 el 2.35% (2170 m de longitud total) de 92.5 km para reducir la fragmentación de los ecosistemas, junto con los puentes que se consideraban para éste estudio se sumaría solo el 4.04% (3.735 km) a ésta cifra, dando un total de solo el 6.39% (5.905 km) de reducción de la fragmentación para el eje proyectado en el 2003, mientras que para el proyecto del 2014 al reducir 10 túneles se tiene tan solo el 0.49% (459 m) de 94.6 km de longitud total del proyecto, sin embargo, al adicionar la cantidad de puentes y viaductos necesarios para el proyecto que permitirá el libre flujo del agua y paso de la fauna, se incrementa la reducción de la fragmentación de los impactos en sitios con coberturas vegetales primarias y secundarias incluso incrementándose con la suma de los puentes y viaductos para éste eje, con el 6.86% (6.4917 km), por lo tanto con la suma de los 3 túneles que se siguen proyectando en éste eje se tiene un total de 7.35% de reducción de la fragmentación en sitios con un impacto

benéfico de tipo sinérgico y significativo, ya que no solo reduce éste efecto, si no que permite el paso de la fauna en puntos considerados como corredores de especies tanto en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como aquellas que no se encuentran. A diferencia del proyecto del 2014, el eje proyectado del 2003 considerando a pesar sus obras de drenaje mayor, se ocasionaría impactos sinérgicos y significativos a pesar de contar con 13 túneles, ya que no reducirían los efectos a la flora, paisaje, fauna y el ecosistema, debido a que no consideraba un verdadero análisis del ecosistema para determinar qué tipo de estructuras evitaban mayores cortes y mayor estabilidad en sitios de terraplén, así como, un estudio de paso de fauna más detallado para determinar las obras requeridas que permitiera el paso de las especies. Para mayor detalle de longitud de las obras 2003 comparadas con el 2014 ver tabla V.8 y V.9.

Finalmente para el proyecto del 2014 a diferencia del 2003, el efecto borde y barrera incrementará en impactos moderados, así como, el acceso a áreas conservadas (Actividades económicas inducidas) por el incremento de cambio de uso de suelo al no considerar 10 túneles más, sin embargo, estos impactos son mitigables y no son significativos que pudieran poner en riesgo los sitios donde se contemplaban los túneles, sitios que sin el desarrollo del proyecto aún así potencialmente se pueden presentar, ya que las áreas se caracterizan por presentar coberturas vegetales secundarias rodeados de terrenos ya impactados por caminos, zonas con asentamientos, terrenos agrícolas y un aprovechamiento de madera. Es importante destacar que a pesar de que los impactos presentes por el proyecto en evaluación determinan impactos moderados y no significativos al no considerar los 10 túneles, se presenta una relación de medidas mucho más particulares que mitigan los impactos y que un plan de manejo dará seguimiento a todas ellas garantizando su aplicación.

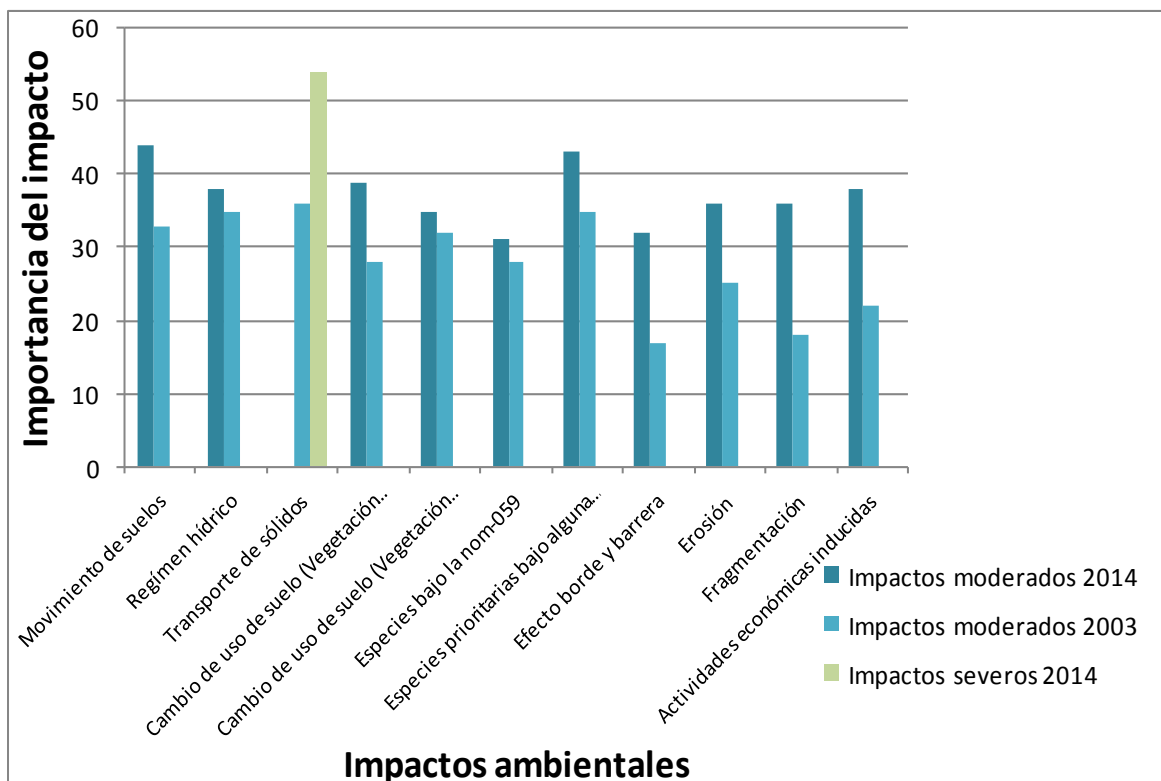


Imagen V.14 Impactos ambientales generados para el proyecto 2003 comparados con el proyecto 2014 exclusivamente en los sitios donde se platearon los 13 túneles.

Tabla V.8 Comparación de la longitud de los túneles considerados en el 2003 con el proyecto propuesto para el 2014.

2003			2014		
ESTRUCTURA	LISTADO DE OBRAS AUTORIZADAS PARA EL TRAMO 2	LONG.	ESTRUCTURA	TRAMO 2 LISTADO DE OBRAS DEL PROYECTO NUEVO DE EVALUACIÓN	LONG.
TUNEL	km 87+750 - km 87+960 TUNEL	210			
				<b>INICIA CAMBIO DE RUTA</b>	
TUNEL	km 91+330 - km 91+640 TUNEL [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	290			
TUNEL	km 93+150 - km 93+420 TUNEL [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	260			

2003			2014		
ESTRUCTURA	LISTADO DE OBRAS AUTORIZADAS PARA EL TRAMO 2	LONG.	ESTRUCTURA	TRAMO 2 LISTADO DE OBRAS DEL PROYECTO NUEVO DE EVALUACIÓN	LONG.
TUNEL	km 93+800 - km 93+890 TUNEL [NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	90			
			TUNEL	km 101+903 - km 102+050 TUNEL 1 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	147
				<b>TERMINA CAMBIO DE RUTA</b>	
TUNEL	km 108+125 - km 108+205 TUNEL	80			
TUNEL	km 109+740 - km 109+832 TUNEL	90			
TUNEL	km 110+270 - km 110+410 TUNEL	140			
TUNEL	km 110+735 - km 110+385 TUNEL	110			
TUNEL	km 112+085 - km 112+385 TUNEL	300			
TUNEL	km 121+000 - km 121+170 TUNEL	170			
TUNEL	km 139+190 – km 139+350 TUNEL	160			
TUNEL	km 141+420 - km 141+540 TUNEL [SE MANTIENE]	120	TUNEL	km 141+949 – km 142+059 TUNEL 2	110
TUNEL	km 143+613 - km 143+760 TUNEL [SE MANTIENE]	150	TUNEL	km 544+177 - 544+379 TUNEL 3	202
	<b>Total</b>	<b>2170</b>	<b>m</b>	<b>Total</b>	<b>459</b>
		<b>2.17</b>	<b>km</b>		<b>0.459</b>
	Longitud total del proyecto 2003	<b>92.5</b>	<b>km</b>	Longitud total del proyecto 2014	<b>94.6</b>
	Porcentaje que cubren las obras del eje troncal total	<b>2.35</b>	<b>%</b>	Porcentaje que cubren las obras del eje troncal total	<b>0.49</b>
					<b>%</b>

ESTRUCTURA	LISTADO DE OBRAS AUTORIZADAS PARA EL TRAMO 2	LONG.	ESTRUCTURA	TRAMO 2 LISTADO DE OBRAS DEL PROYECTO DE MODIFICACIÓN	LONG.
PUENTE	km 77+260 PUENTE	120			
			VIADUCTO	km 77+807 VIADUCTO EL MAGUEYAL (V1) [ESTRUCTURA NUEVA]	173.91
PUENTE	km 80+820 PUENTE [SE MANTIENE]	140	VIADUCTO	km 80+850 VIADUCTO EL OCOTAL (V2)	157.96
PUENTE	km 87+260 PUENTE [SE MANTIENE]	120	VIADUCTO	km 87+377 VIADUCTO LOMA LARGA (V3)	150.59
PUENTE	km 87+580 PUENTE [SE MANTIENE]	230	VIADUCTO	km 87+763 VIADUCTO TEPUXTEPEC I (V4)	254.96
			VIADUCTO	km 88+138 VIADUCTO TEPUXTEPEC II (V5) [ESTRUCTURA NUEVA]	150.78
			VIADUCTO	km 88+546 VIADUCTO TEPUXTEPEC III (V6) [ESTRUCTURA NUEVA]	112.6
			VIADUCTO	km 88+834 VIADUCTO TEPUXTEPEC IV (V7) [ESTRUCTURA NUEVA]	112.63
<b>INICIA CAMBIO DE RUTA</b>					
			PUENTE	km 97+622 PUENTE P1 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	88.8
			PUENTE	km 97+850 PUENTE P2 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	70
PUENTE	km 94+085 PUENTE	260		[NO SE CONSIDERA EN EL PROYECTO MODIFICADO POR CAMBIO DE RUTA]	
			PUENTE	km 99+082 PUENTE P3 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	150.7
			PUENTE	km 101+836 PUENTE P4 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	100
			PUENTE	km 102+210 PUENTE P5 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	100
			PUENTE	km 103+246 PUENTE P6 [ESTRUCTURA NUEVA POR CAMBIO DE RUTA]	88.8
PUENTE	km 103+140 PUENTE [se mantiene 700m aguas arriba sobre el mismo cauce]	220	PUENTE	km 103+925 PUENTE P7	88.8
<b>TERMINA CAMBIO DE RUTA</b>					
			PUENTE	km 105+574 PUENTE P8 [ESTRUCTURA NUEVA]	70

ESTRUCTURA	LISTADO DE OBRAS AUTORIZADAS PARA EL TRAMO 2	LONG.	ESTRUCTURA	TRAMO 2 LISTADO DE OBRAS DEL PROYECTO DE MODIFICACIÓN	LONG.
			PUENTE	km 108+635.65 PUENTE P10 [ESTRUCTURA NUEVA]	39.36
			PUENTE	km 108+689 PUENTE P9 [ESTRUCTURA NUEVA]	39.36
PUENTE	km 108+290 PUENTE [SE MANTIENE]	115	PUENTE	km 109+709 PUENTE P11	174
PUENTE	km 108+820 PUENTE [SE MANTIENE]	100	PUENTE	km 110+239 PUENTE P12	88.78
PUENTE	km 109+095 PUENTE	150			
			PUENTE	km 111+000 PUENTE P13 [ESTRUCTURA NUEVA]	174
PUENTE	km 110+080 PUENTE [SE MANTIENE]	150	PUENTE	km 111+546 PUENTE P14	148.79
PUENTE	km 110+530 PUENTE [SE MANTIENE]	105	PUENTE	km 111+945 PUENTE P15	140
PUENTE	km 110+650 PUENTE	75			
			VIADUCTO	km 115+177 VIADUCTO (V8) [ESTRUCTURA NUEVA]	84
			VIADUCTO	km 117+800 VIADUCTO V9 [ESTRUCTURA NUEVA]	120
			PUENTE	km 119+820 PUENTE P16 [ESTRUCTURA NUEVA]	164
			PUENTE	km 120+100 PUENTE P17 [ESTRUCTURA NUEVA]	80
			PUENTE	km 120+650 PUENTE P18 [ESTRUCTURA NUEVA]	140
			PUENTE	km 120+858 PUENTE P19 [ESTRUCTURA NUEVA]	88.85
PUENTE	km 122+895 PUENTE [SE MANTIENE]	150	PUENTE	km 124+306 PUENTE P20	174
PUENTE	km 124+320 PUENTE [SE MANTIENE]	240	PUENTE	km 125+660 PUENTE ACATLANCITO P54	234
PUENTE	km 124+920 PUENTE [SE MANTIENE]	160	PUENTE	km 126+320 PUENTE P21	188.6
			PUENTE	km 526+640 PUENTE P22 [ESTRUCTURA	174



ESTRUCTURA	LISTADO DE OBRAS AUTORIZADAS PARA EL TRAMO 2	LONG.	ESTRUCTURA	TRAMO 2 LISTADO DE OBRAS DEL PROYECTO DE MODIFICACIÓN	LONG.
				NUEVA]	
PUENTE	km 126+577 PUENTE	200	PUENTE	130+865 PUENTE 23	29
			PUENTE	km 131+320 PUENTE P24 [ESTRUCTURA NUEVA]	42
			PUENTE	km 132+120 PUENTE P25 [ESTRUCTURA NUEVA]	50
			PUENTE	km 132+440 PUENTE P26 [ESTRUCTURA NUEVA]	40
			PUENTE	km 132+840 PUENTE P27 [ESTRUCTURA NUEVA]	70
			PUENTE	km 133+300 PUENTE P28 [ESTRUCTURA NUEVA]	60
			VIADUCTO	km 133+650 VIADUCTO 11	70
PUENTE	km 133+610 PUENTE [SE MANTIENE]	50	PUENTE	km 134+080 PUENTE P29	78
			PUENTE	km 134+760 PUENTE P30 [ESTRUCTURA NUEVA]	74.6
			PUENTE	km 135+330 PUENTE P31 [ESTRUCTURA NUEVA]	30
			PUENTE	km 135+420 PUENTE P32 [ESTRUCTURA NUEVA]	39.3
			PUENTE	km 136+420 PUENTE P33 [ESTRUCTURA NUEVA]	58.8
PUENTE	km 137+780 PUENTE [SE MANTIENE]	100	PUENTE	km 138+170 PUENTE P34	156.8
			PUENTE	km 138+970 PUENTE P35 [ESTRUCTURA NUEVA]	60
PUENTE	km 139+020 PUENTE [SE MANTIENE]	160	PUENTE	km 139+460 PUENTE P36	29
PUENTE	km 140+440 PUENTE [SE MANTIENE]	70	PUENTE	km 140+980 PUENTE P37	50
PUENTE	km 141+320 PUENTE [SE MANTIENE]	60	PUENTE	km 141+630 PUENTE P38	30
			VIADUCTO	km 141+860 VIADUCTO 10 [ESTRUCTURA NUEVA]	39.3
PUENTE	km 141+840 PUENTE	110	PUENTE	km 142+380 PUENTE P39	119.33

ESTRUCTURA	LISTADO DE OBRAS AUTORIZADAS PARA EL TRAMO 2	LONG.	ESTRUCTURA	TRAMO 2 LISTADO DE OBRAS DEL PROYECTO DE MODIFICACIÓN	LONG.
			PUENTE	km 142+840 PUENTE P40 [ESTRUCTURA NUEVA]	80
			PUENTE	km 143+200 PUENTE P41 [ESTRUCTURA NUEVA]	80
			PUENTE	km 143+830 PUENTE P42 [ESTRUCTURA NUEVA]	112.6
			PUENTE	km 545+340 PUENTE P44 [ESTRUCTURA NUEVA]	224.6
PUENTE	km 145+208 PUENTE	140	PUENTE	km 545+820 PUENTE P45	114
			PUENTE	km 546+280 PUENTE P43 [ESTRUCTURA NUEVA]	88.8
			PUENTE	km 147+800 PUENTE P46 [ESTRUCTURA NUEVA]	30
PUENTE	km 148+400 PUENTE	50	PUENTE	km 149+040 PUENTE P47	50
			PUENTE	km 152+060 PUENTE P48 [ESTRUCTURA NUEVA]	90
PUENTE	km 152+200 PUENTE	140	PUENTE	km 152+840 PUENTE P49	100
PUENTE	km 152+560 PUENTE	160			
			PUENTE	km 154+300 PUENTE P50 [ESTRUCTURA NUEVA]	50
			PUENTE	km 158+650 PUENTE P51 [ESTRUCTURA NUEVA]	80
			PUENTE	km 158+820 PUENTE P52 [ESTRUCTURA NUEVA]	39.3
PUENTE	km 160+400 PUENTE	80	PUENTE	km 161+200 PUENTE P53 AGUASCALIENTES	104
PUENTE	km 163+520 PUENTE	80			

Total **3735 m**  
**3.735 km**

Total **6491.7 m**  
**6.4917 km**

Longitud del trazo proyectado en el 2003 **92.5 km**  
Porcentaje que cubren las obras del eje troncal total **4.04%**

Longitud del trazo proyectado en el 2014 **94.6 km**  
Porcentaje que cubren las obras del eje troncal total **6.86 %**

## V.4 Bibliografía

CNA. Estadísticas del agua en México 2005, 2006 y 2007. Comisión Nacional del Agua. México. 2005, 2006 y 2007.

CNA. Estadísticas del agua en México 2007. Comisión Nacional del Agua. México. 2007.

CONAPO. II Censo de población y vivienda, 2005. México. 2006.

Garrido P. A. L y N. Bautista G. 2000. Diagnóstico de la contaminación del agua en el estado de Oaxaca. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Calle Hornos 1003 Sta. Cruz Xoxocotlán, Oax. C.P.71 230 Tel y Fax 70610. E-mail palg@oax1.telmex.net.mx.

Gómez, O. 2003. Evaluación de impacto ambiental.

Pedro A. López Garrido y Nelson Bautista Galicia. Diagnostico de la Contaminación del Agua en el Estado de Oaxaca. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. 11 pp.

NOM041-SEMARNAT-2006.

NOM-080-SEMARNAT-1994.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México, 2005.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas. Septiembre 2008.

SEMARNAT. 2005. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México. 348 pp.

Síntesis. CNA. México, 2005.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México, 2006 a 2010. Conagua. México, 2006 a 2010 y 2011.

V. ConesaFdez-Vitora. 1997. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa.

## CONTENIDO

<b>Capítulo VI .....</b>	<b>4</b>
<b><i>Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional .....</i></b>	<b>4</b>
<b>VI.I. Caracterización de Medidas.....</b>	<b>4</b>
<b>VI.1. Descripción de Medidas aplicables al Proyecto.....</b>	<b>6</b>
<b>M1</b> Llevar a cabo actividades de Manejo y Vigilancia Ambiental .....	6
-M1a. Instrumentar y Aplicar Acciones de Educación Ambiental y Señalización .....	7
VI.2.1 Factor Atmósfera .....	10
<b>M2</b> Control de generación de polvos y emisiones de humos .....	10
<b>M3</b> Control de la emisión de ruido .....	11
VI.2.2 Factor Suelo .....	12
<b>M4</b> Acciones de Conservación y Protección de Suelos.....	12
<b>M5</b> Manejo y disposición adecuada de residuos .....	13
-M5a. Manejo y disposición adecuada de los Residuos No Peligrosos (RNP).....	14
-M5a1. Manejo y disposición de residuos por desmonte.....	14
-M5b. Manejo y disposición adecuada de Residuos Peligrosos (RP) .....	15
-M5b1. Acciones en caso de derrames.....	17
-M5b2. Prevención en el Manejo de sustancias y residuos inflamables y explosivos .....	18
-M5c. Manejo y disposición adecuada de los Residuos de Manejo Especial (RME).....	20
<b>M6</b> Ubicación y recomendaciones para sitios de Obras Provisionales, Asociadas y Adicionales .....	21
-M6a. Elección y Colocación de sitios para Campamentos.....	22
-M6b. Elección y realización de Patios de maquinaria y talleres .....	23
-M6c. Preceptos para la realización de Caminos de Acceso .....	24
-M6d. Medidas en sitios de colocación de subestaciones eléctricas.....	25
<b>M7</b> Almacenamiento de capa orgánica de suelo.....	28
<b>M8</b> Estabilizar los taludes de Corte y Terraplén .....	29
-M8a. Colocación de Hidrosiembra .....	36
-M8b. Colocación de Biomantas .....	37
-M8c.- Utilización de biotecnología .....	40
<b>M9</b> Construcción de Muros de contención .....	41
M9a.- Sustitución de muros de concreto armado por muros de tierra reforzada con geomalla y fachada vegetal ( muros verdes).....	45
<b>M10</b> Aplicación de Protección contra caídas de rocas sobre del Río Tehuantepec .....	46
<b>M11</b> Aplicación de técnicas de captura de sedimentos .....	47
-M11a. Barreras de Sedimento.....	48

-M11b. Represas filtrantes de piedra acomodada .....	51
-M11c. Represas filtrantes de gaviones.....	52
VI.2.3 Factor Hidrología.....	54
<b>M12</b> Contar con autorización para la extracción de agua ante CONAGUA .....	54
<b>M13</b> Evitar almacenamiento de residuos cerca de cauces de agua .....	54
<b>M14</b> Proteger la salida de las obras de drenaje menor .....	55
<b>M15</b> Reducir el paso de maquinaria por cauces de agua .....	55
<b>M16</b> Elaboración de suficientes obras hidráulicas y limpieza de los sitios de construcción de las mismas (obras de drenaje menor, alcantarillas, bordillos, cunetas, lavaderos, etc.) .....	56
<b>M17</b> Programar la construcción de obras de drenaje en época de estiaje y regresar los escurrimientos a su cauce original.....	56
<b>M18</b> Consideraciones en la construcción de Obras Especiales con cimentaciones centrales (Puentes y Viaductos) .....	57
<b>M19</b> Medidas al realizar Obras especiales (Puentes y Viaductos) y obras de drenaje menor .....	58
<b>M20</b> Consideraciones en la elaboración de Túneles .....	60
-M20a.- Métodos de estabilización de laderas mediante empleo de materiales vivos. ....	62
<b>M21</b> Medidas para Rampas de Frenado .....	79
<b>M22</b> Estabilización continua de material en bancos de tiro.....	79
<b>M23</b> Medidas para Bancos de Préstamo .....	80
VI.2.4 Factor Procesos del medio inerte .....	81
<b>M24</b> Instalación de sanitarios portátiles .....	81
<b>M25</b> Instalación de obras sanitarias en Miradores y Paraderos.....	82
<b>M26</b> Descompactación y escarificación de suelos.....	82
VI.2.5 Factor Vegetación .....	83
<b>M27</b> Contar con los permisos de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales .....	83
<b>M28</b> Restringir afectación dentro de la línea de ceros.....	84
<b>M29</b> Acciones de Protección y Conservación de Flora .....	84
-M29a. Rescate de Beucarnea sp.....	92
<b>M30</b> Acciones de Restauración y Reforestación.....	93
-M30a. Reforestación con fines de revegetación en puentes, viaductos, túneles e infraestructura adicional.....	96
-M30b. Revegetación en el margen del “Río Tehuantepec” y Cerro “El Coyul” .....	97
-M30c. Restauración ecológica en obras provisionales y asociadas.....	98
VI.2.6 Factor Fauna .....	102
<b>M31</b> Acciones de Protección de Fauna.....	102
<b>M32</b> Platicas de Educación Ambiental y Señalización (enfocadas a fauna).....	103
<b>M33</b> Rescate y Reubicación de Fauna .....	104
<b>M34</b> Acciones de Conservación de Especies Prioritarias y en Riesgo (en la Nom-059-SEMARNAT-2010) 107	
-M34a. Monitoreo de felinos y sus presas.....	108

-M34b. Monitoreo y medidas de protección para Guacamaya.....	109
-M34c. Monitoreo y medidas de protección para Nutria o perro de agua .....	111
<b>M35</b> Detección de Corredores Biológicos y Diseño y Ubicación de Pasos de Fauna.....	113
-M35a Verificación de la funcionalidad de los Pasos de Fauna .....	119
<b>M36</b> Recomendaciones para Miradores y Paraderos.....	120
VI.2.7 Factor Procesos del Medio Biótico .....	121
<b>M37</b> Rehabilitación de zonas sin obras permanentes dentro de la superficie de afectación .....	121
<b>M38</b> Rehabilitación de los sitios de construcción de obras especiales (viaductos, puentes y túneles) 121	
<b>M39</b> Rehabilitación de sitios con obras provisionales (talleres, patios de maquinaria, campamentos etc.). 123	
<b>M40</b> Rehabilitación de caminos de acceso.....	123
<b>M41</b> Rehabilitación de bancos de tiro .....	126
<b>M42</b> Rehabilitación de bancos de préstamo .....	129
<b>M43</b> Realizar un plan de contingencias .....	130
<b>M44</b> Concientización visual hacia los usuarios para el manejo de residuos .....	132
VI.2.8 Factor Productivo.....	132
<b>M45</b> Compensación económica justa .....	132
<b>M46</b> Reconstrucción de servicios en las poblaciones afectadas .....	133
VI.2.9 Factor Características culturales.....	133
<b>M47</b> Medidas restrictivas y recomendaciones del INAH para evitar afectación a zonas arqueológicas 133	
VI.2.10 Factor Actividades y Relaciones Económicas.....	137
<b>M48</b> Capacitación y Aplicación de Reglamentos de seguridad e higiene .....	137
<b>M49</b> Llevar a cabo los procedimientos de Mantenimiento Carretero.....	139
<b>VI.3 Bibliografía .....</b>	<b>139</b>

## Capítulo VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

### VI.I. Caracterización de Medidas

Las medidas de mitigación son vistas como una inversión básica, fundamental para la elaboración del Proyecto en áreas de alto riesgo y no sólo como una gestión, por lo que se debe tener en cuenta el recurso económico correspondiente y la aplicación de las mismas en tiempo y forma. Acorde a esto se muestran diversas estrategias tanto preventivas como de mitigación para mitigar los impactos generados por el proyecto, estas se clasifican en:

**MEDIDAS PREVENTIVAS PR:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el Promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente (*Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental*). La aplicación de estas medidas evitara la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad.

**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 causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas (*Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental*). Dichas acciones pueden clasificarse de la siguiente manera:

**RD Medidas de Reducción:** Son todas las medidas que se deberán de tomar en cuenta para que los daños que se le pueden ocasionar al ecosistema sean mínimos.

**RH Medidas de Rehabilitación:** Son medidas que se aplicaran una vez terminado el proyecto para contrarrestar los efectos negativos de las actividades de la obra, y así contribuir a la conservación y cuidado de los factores ambientales. La rehabilitación se refiere a cualquier intento por recuperar elementos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema, sin necesariamente intentar completar una restauración ecológica a una condición específica previa.

**RM Medidas de Remediación:** Se definen como el conjunto de acciones necesarias para llevar a cabo la limpieza de cualquier descarga o sospecha de descarga de contaminantes, incluyendo, mas no limitado, a la realización de una evaluación preliminar, investigación del sitio, determinación del alcance del problema, estudio de factibilidad y acciones correctivas (INE, 1996).

**CM Medidas de Compensación:** Estas medidas se aplican a impactos irrecuperables e inevitables, su función no evita la aparición del efecto, ni lo anula o atenúa, pero contrapesa de alguna manera la alteración del factor.

Las medidas mostradas, deberán practicarse a fin de maximizar la compatibilidad del proyecto en su ambiente biótico, físico y socioeconómico. Es importante mencionar que las medidas preventivas adquieren gran relevancia ya que su correcta ejecución evitará que ocurran ciertos impactos y en este sentido; las actividades que previenen impactos deben contemplarse de manera constante a lo largo



de las diferentes fases y/o etapas del proyecto; dicha ejecución se podrá rectificar a través de una supervisión dirigida con un **Plan de Manejo y Vigilancia Ambiental, que incluya todas las medidas de mitigación planteadas y que permita un buen desarrollo del Proyecto**. Para facilitar el seguimiento de dichas medidas con respecto a los impactos que fueron descritos y evaluados en el Capítulo V de esta MIA-R, en este apartado se muestra el diseño, la aplicación y la ejecución de las medidas, mismas que fueron agrupadas según situaciones que generan impactos adversos en áreas, estructuras o condiciones similares (Medidas Generales) y otras se enfocan a sitios, calidad del ecosistema, y/o actividades que deben ser considerados prioritarios en la aplicación de las medidas, (Medidas Particulares). Los impactos se presentarán en prácticamente todas las etapas del proyecto ya sea en mayor o menor intensidad, por lo que no se excluye el que en todos los sitios a intervenir (Área Influencia y Sistema Ambiental Regional), está implícita la ejecución y aplicación de Medidas.

En función de lo anterior, en los siguientes incisos se despliegan una serie de actividades (medidas) enumeradas (Generales y Particulares) y presentadas acorde al Factor evaluado, y respecto a la(s) Etapa(s) y Actividades de la obra donde se deberá aplicar la medida. Por su parte, para las medidas se indica el Tipo, conforme la clasificación antes mencionada; esta información se muestra como en la Imagen VI.1 .

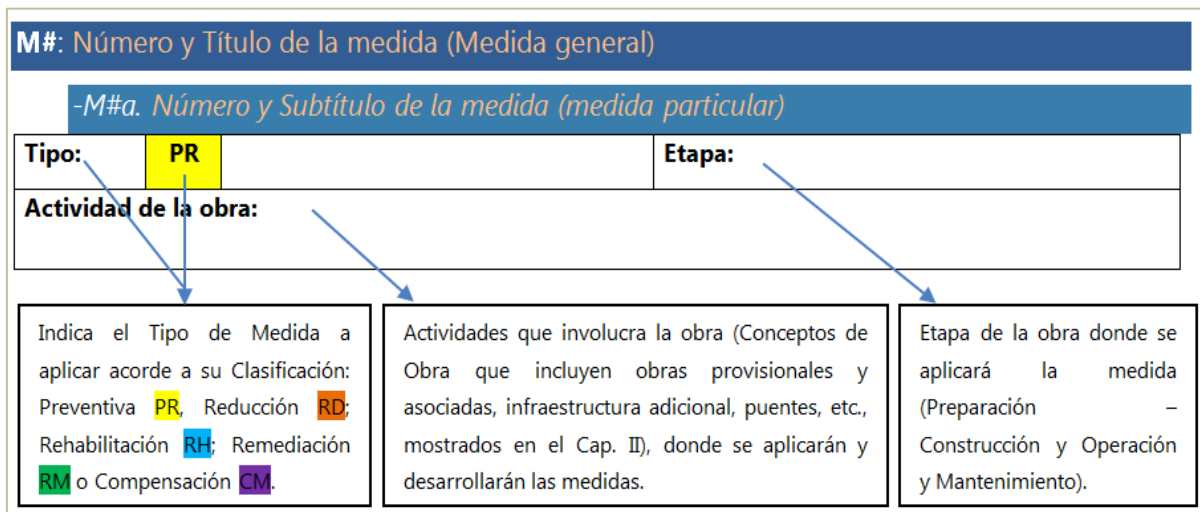


Imagen VI.1 Forma y contenido en que se presenta la información de las medidas aplicables al Proyecto.

## VI.1. Descripción de Medidas aplicables al Proyecto

### M1 Llevar a cabo actividades de Manejo y Vigilancia Ambiental

<b>Tipo:</b>	*	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento
<b>Actividad de la obra:</b>	Desde el inicio de la construcción hasta haber concluido todas y cada una de las medidas de prevención y mitigación contempladas para el proyecto.	

\* Indica que las medidas que abarca el Plan de Manejo y Vigilancia Ambiental pueden ser preventivas, reducción, rehabilitación, remediación o compensación.

**Descripción:** el compromiso de este es instrumentar y dar seguimiento a un Plan de Manejo y Monitoreo Ambiental, en donde se integrarán, todas las medidas de prevención y mitigación mostradas en la Manifestación de Impacto Ambiental, en este se especificarán las actividades y procedimientos a aplicar, descritas por etapa del proyecto e impactos que se atenderán y se apoyará de la calendarización de su ejecución.

Dentro de este es requerido el incorporar un Reglamento Interno de Protección Ambiental, el cual se dará a conocer tanto al personal de la Promovente, contratistas y demás personal de la obra que participe durante el desarrollo del proyecto, para evitar la afectación de especies de flora y fauna silvestres incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de aquellas que sean prioritarias o de importancia ecológica en el área del proyecto (como se describe en el Capítulo IV en los apartados de Flora y Fauna respectivamente); evitar el saqueo, daño, caza o captura de flora y fauna, así como evitar daños a factores como suelo, agua y aire durante todas las etapas del proyecto (estas acciones se describen en la medida M1a. Además, deberá incorporarse *Capacitación y Aplicación de Reglamentos de Seguridad e Higiene (M48)* donde se propone la existencia de *capacitación y aplicación de reglamentos de seguridad*, que dé a los trabajadores herramientas para la prevención, protección y control de riesgos en el trabajo, formas de evitar accidentes o situaciones de riesgo en la obra en atención a la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-031-STPS-2010, relativa a Construcción- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Dentro de las medidas que se pueden desarrollar son: Seguridad en el trabajo; Seguridad en la construcción; Seguridad y prevención de trabajos con explosivos, en excavaciones, en túneles, etc.

Por su parte la **Capacitación del personal en materia ambiental**, deberá realizarse a través de la **Aplicación de un Programa de Educación Ambiental y Señalización**, el cual se describe en la siguiente Medida M1a.

*-M1a. Instrumentar y Aplicar Acciones de Educación Ambiental y Señalización*

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Previo y durante la ejecución de la obra.	

**Descripción:** se implementarán pláticas principalmente destinadas a todos los trabajadores de la obra. Estas se realizarán por parte de un grupo de especialistas que dirijan la información hacia una forma de trabajo sustentable, donde enfatice sobre el cuidado de los recursos naturales florísticos, faunísticos y del hábitat en general, manejo de residuos, se recalquen diversos criterios de conservación y respeto de los recursos naturales; acorde a esto el programa deberá contener:

- a) Pláticas dirigidas a los trabajadores, (reglamento ambiental de trabajadores).
- b) Acciones de concientización ambiental, dirigidas hacia:
  - Flora
  - Fauna
  - Suelos y Agua (este punto es muy importante en particular para evitar cualquier tipo de afectación (azolves, tiros a balcón, residuos, etc. en particular hacia el Río Tehuantepec o cauces que desemboquen al mismo).
- c) Señalética ambiental en particular para el personal que labore en la obra.
- d) Accesibilidad de la información en los idiomas existentes en el sitio (principalmente zapoteco y mixe).
- e) Acciones enfocadas al patrimonio arqueológico del área

Se considera una herramienta importante en la implementación de las pláticas a los trabajadores la elaboración de material de apoyo como carteles, folletos, láminas informativas. Como recomendación, la información podrá hacerse bilingüe (mixe-zapoteco y español), dada la población hablante del lugar.

*Para flora y fauna se hará énfasis en acciones que protejan a estos factores como son: no dañar, maltratar, coleccionar especies de flora y fauna, evitar hacer fogatas, no cazar (para alimento o venta a especies de fauna), además de estar en continua comunicación con los especialistas biólogos encargados de los rescates de flora y fauna en caso de encontrar especies para rescate o manejo. Como parte del programa también deberá incluir la señalética temporal que se instalará durante la etapa de construcción en los frentes de trabajo, campamentos y demás obras provisionales (Imagen VI.2).*



Imagen VI.2 Ejemplos de capacitación al personal en cuanto a fauna silvestre (lado izquierdo) y colocación de señalética (lado derecho) en sitios donde se realizan obras carreteras.

Se podrá colocar señalética vertical permanente, en sitios de importancia para la conservación de flora o fauna, esto servirá para advertir los posibles cruces y reducir los atropellos en el sitio, así como reducir prácticas dañinas al ecosistema como evitar cacería, fogatas, etc.



Imagen VI.3 Ejemplo de señalética horizontal permanente en carreteras, que permite la concientización de los usuarios.

En la medida M34, a, b y c se describen las Acciones de Conservación de especies Prioritarias y en Riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como son felinos y sus presas, quacamaya verde y nutria, en este se encuentran los cadenamientos de importancia y acciones que permiten involucrar a grupos de gente de las comunidades cercanas, para que acompañan a los biólogos especialistas en las diversas actividades, lo cual, no sólo incluye la capacitación del personal sino también la participación activa de la población y de esta manera, generar en las personas, habilidades, conocimiento e interés necesario para continuar con los monitoreos en la región, ayudando incluso a la continuación de las

medidas de mitigación a largo plazo y crear compromisos de conservación, concientización y educación ambiental.

Este tipo de actividades está estrechamente relacionada con la generación de alternativas e ingresos económicos en la región en materia de conservación, ya que se fomenta la recuperación del sitio, el manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos, **más aún si el la población se hacen mecanismos de conservación complementarios como son las Áreas Voluntariamente Destinadas a la Conservación las cuales como se mencionó en el Cap. IV destacan en la región para la conservación de áreas naturales.**

Otro de los puntos a desarrollar es la forma y correcto manejo de los residuos de la obra, en particular todos aquellos que son reutilizables y reciclables. Los de manejo especial se confinarán acorde al área donde se trabaje; por esto se requiere de contenedores y señalética correcta que indique el lugar y forma de almacenamiento de los residuos. La capacitación deberá ser implementada antes de iniciar cualquier obra del proyecto.



Imagen VI.4 Ejemplos de capacitación al personal para llevar a cabo el reciclado de materiales en la obra.

Dadas las características del sitio, se hará especial énfasis no sólo en la riqueza ecológica si no en la parte cultural, se dará información sobre los posibles casos de hallazgo hacia el Patrimonio Arqueológico durante las actividades de construcción, por lo que en caso de encontrar piezas se debe dar aviso y cuidar las piezas o zonas que en su caso se descubran durante la construcción carretera para implementar las acciones pertinentes, también se hará saber al grupo laboral de la obra que se deberán entregar los materiales recuperados acorde a lo solicitado con el INAH ya que todo el personal es “obligados solidarios y responsables de la Protección del Patrimonio Arqueológico” (ver medida M47).



## VI.2.1 Factor Atmósfera

### M2 Control de generación de polvos y emisiones de humos

<b>Tipo:</b>	<b>PR</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Movimiento de tierras o circulación de maquinaria y vehículos. Uso de caminos de acceso, acarreo de material.		

**Descripción:** esta actividad se realizará para evitar el levantamiento de polvo y emisión de gases contaminantes que se producen por el tránsito de vehículos en caminos y acarreo empleados en la obra.

#### Riego de superficies de trabajo **PR**

- Se deberá regar constantemente las superficies de trabajo en la obra y caminos de terracería con la finalidad de evitar la liberación de polvos, en particular en temporada de secas (Imagen VI.5).
- El agua requerida para los trabajos a ejecutar, se deberá adquirir a través de empresas que tengan los permisos correspondientes ante CONAGUA y acorde al o establecido en la Normatividad de la SCT N LEG 3/02 de ejecución de obra.
- Se deberá evitar el desperdicio del agua en las diferentes actividades donde se utilice.
- Se recomienda no abrir nuevos caminos de acceso para la extracción del agua, para evitar afectar a directa o indirectamente a la nutria (ver 6 tramos de mayor relevancia para la nutria, medida M34c<sup>1</sup>).



Imagen VI.5 Ejemplo de riego en un área de construcción carretera para evitar polvos.

<sup>1</sup> En función de los monitoreos realizados se detectaron 24 sitios de relevancia para la nutria (cadenamientos 128+719.23; 129+450; 129+750; 130+477.02; 130+890; 134+647.25; 135+400; 135+821.11; 137+000; 137+389.31; 138+700; 142+080; 144+100; 144+700; 145+300; 147+000; 148+752.76; 149+420; 149+785.43; 152+400; 153+450; 157+529.74; 160+536.58; 161+430.12 descritos en la medida 34c.

### Acarreos PR

- El acarreo de material producto de cortes, excavaciones, (finos o granulares), desmontes, despalmes, en caminos de acceso o cruce así como en zonas pobladas, se hará en vehículos con cajas cerradas y/o protegidos con lonas y deberán desocuparlos totalmente en los sitios previamente autorizados para tal fin, acorde a la Norma de construcción N-CTR-CAR-1-01-013/00.
- El acarreo será constante (ya sea derivado de desmontes, despalmes, excavaciones, cortes, etc.) para evitar que se generen acumulaciones del material y propiciar que haya sedimentos que lleguen al Río Tehuantepec.
- Deberán considerarse de manera particular en los 6 tramos *de relevancia para la nutria, (los cuales se encuentran en la medida 34c)*. No obstante al ser partículas, humos y ruido, estos se dispersan a través del aire, por lo que estas medidas deberán aplicarse a todo lo largo del trazo durante todo el tiempo de ejecución del Proyecto

### Emisiones de gases contaminantes RD

- Para reducir la emisión de gases contaminantes, la maquinaria que se utilice en la obra deberá contar con su respectivo mantenimiento en cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes y opacidad del humo provenientes del escape de los vehículos automotores que usan diésel y gasolina como combustibles, Normas Oficiales Mexicanas NOM-045-SEMARNAT-2006 y NOM-041-SEMARNAT-2006 según corresponda.

### M3 Control de la emisión de ruido

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante toda la obra	

**Descripción:** se debe reducir la emisión de ruido para evitar mayores afectaciones a las poblaciones cercanas y a la fauna silvestre.

- El mantenimiento de la maquinaria y vehículos se deberá realizar periódicamente para minimizar la generación de niveles altos de ruido, a través de la vigilancia del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables como son NOM-080-SEMARNAT-1994 y NOM-081-SEMARNAT-1994 relativas a los límites máximos permisibles de emisión de ruido.
- Establecer números máximos de unidades que transiten y velocidad en que deben transitar, para evitar atropellos de fauna principalmente reptiles como serpientes y lagartijas. Para esto además debe existir un frente de fauna presente toda la obra para reducir este impacto.
- Se deberán establecer preferentemente horarios diurnos, para evitar afectación a la fauna y localidades cercanas. Para la fauna destacan: los 24 puntos de relevancia para la nutria con presencia de madrigueras, letrinas, mayor registro de huellas y pozas de nutrias; estos se



agruparon por su cercanía y ubicación en “6 tramos de mayor importancia” a lo largo del Río Tehuantepec, estos se ubican en los cadenamientos: 127+800 al 138+400; 143+100 al 144+500; 146+040 al 150+800; 152+200 al 154+500; 156+900 al 158+500; 159+500 al 162+400 (ver medida 34c y Capítulo IV en el apartado correspondiente a la esta especie) y los Cadenamientos 128+100 al 131+500 frente al Cerro Coyul, que es zona de descanso de la guacamaya verde, donde se debe tener mayor atención (ver medida 34b).

Es importante mencionar que si bien el periodo de celo de la nutria puede presentarse todo el año, en los meses de enero a mayo es la temporada de cortejo, apareamiento y de mayor nacimiento de crías (Aranda, 2012); es por esto que sólo en casos necesarios (donde por emergencias o estructuras que lo requieran esté justificado), se considerará la realización de trabajos temporales (de corto plazo) en horarios nocturnos y preferentemente fuera de la temporada de reproducción de nutrias. En cuanto a la guacamaya, el que exista movimiento en horario nocturno puede alterar sus sitios de anidación.

## VI.2.2 Factor Suelo

### M4 Acciones de Conservación y Protección de Suelos

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Desde la Preparación del sitio hasta el mantenimiento de la carretera.	

**Descripción:** el suelo, es uno de los factores que presenta impactos más relevantes en la evaluación de impacto ambiental, por tanto se sugiere el desarrollo de un *Programa de Conservación y Protección de Suelos*, en el cual se incluya la supervisión de la ejecución de las medidas de mitigación propuestas para este factor. Las medidas preventivas, adquieren un carácter obligatorio y de gran importancia, ya que con su desarrollo puede evitar la afectación al ecosistema y realización de medidas de remediación.

En esta medida se dan los fundamentos y orientación de estrategias y formas de acción para llevar a cabo una vigilancia de zonas degradadas o alteradas, la conservación de tierras y el establecimiento de prácticas y técnicas preventivas hacia la erosión, arrastre de sedimentos, deslaves de los terraplenes y taludes, así como formas de evitar la contaminación dentro de las áreas que abarca la realización del Proyecto (derecho de vía, sitios de obras provisionales, obras asociadas y área de influencia, etc.). Las prácticas de mitigación no protegen al suelo de la erosión o mejoran su capacidad productiva, por tanto se deben complementar con varias técnicas simultáneas para alcanzar este objetivo.

De acuerdo a la información de capítulos anteriores, se reconoce que en el área son frecuentes los movimientos de material litológico no consolidado, por lo tanto dentro de los impactos detectados se observa que durante los procesos de desmonte, despilme, excavaciones acarrees y cortes, y

formación de bancos de tiro, existe gran posibilidad de pérdida de materiales por deslizamiento, en particular en actividades de corte y conformación de bancos de tiro, es donde se tiene el mayor riesgo, lo que les dio un valor de impacto crítico en la evaluación. Entonces, las medidas preventivas retoman la responsabilidad ante diferentes puntos como son: *la revisión de los sitios y aplicación de los métodos de control de sedimentos, revisión de la colocación de estructuras para la estabilización de taludes de corte y de terraplén, vigilancia del mantenimiento de sitios de tiro, estabilización constante de bancos de tiro; es decir para el desarrollo de este Programa se estima la supervisión de la ejecución de las siguientes medidas:*

- M5 Manejo y disposición adecuada de residuos
- M6 Ubicación y recomendaciones para sitios de Obras Provisionales y Asociadas
- M7 Almacenamiento de capa orgánica de suelo
- M8 Estabilizar los taludes de Corte y Terraplén; esta medida se puede complementar (en los sitios que sea viable) a través de métodos como son: Colocación de hidrosiembra (M8a) o Colocación de Biomantas (M8b).
- M9 Colocación de Muros de Contención
- M10 Aplicación de Protección contra caídas de rocas del Río Tehuantepec
- M11 Aplicación de técnicas de captura de sedimentos
- M25 Instalación de sanitarios portátiles
- M27 Descompactación y escarificación de suelos

Así mismo, medidas como: *M13 Evitar almacenamiento de residuos cerca de cauces de agua; M19 Consideración en la construcción de Obras Especiales con cimentaciones centrales (Puentes y Viaductos); M20 Medidas al realizar Obras Especiales (Puentes y Viaductos) y obras de drenaje menor; M23 Estabilización continua de material en bancos de tiro, así como vigilar que las medidas de manejo de residuos, se lleven a cabo en sitios de construcción de puentes, viaductos, túneles e infraestructura adicional. Para lograrlo se requiere un frente particular de supervisiones, integrado por Ingeniero Ambiental o Biólogo y un Ingeniero Civil (y ayudantes) que puedan corroborar en campo la colocación y funcionamiento de las medidas y en su caso, deben tener la facultad de solicitar las modificaciones que, sin comprometer a la estructura, reduzcan, minimicen o eviten los daños al ambiente.*

#### M5 Manejo y disposición adecuada de residuos

<b>Tipo:</b>	PR	RD	RM	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b>	Durante toda la obra.			

**Descripción:** los residuos son aquellos materiales desechados que se encuentran en estado sólido, semisólido, líquidos o gases contenidos en recipientes, y que pueden ser susceptibles de recibir tratamiento o disposición final de conformidad con lo que establece la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPIR). El buen manejo de residuos en todas las etapas de la obra, evita

o reduce la generación de impactos ambientales (manejo preventivo de residuos); así mismo estas acciones preventivas pueden evitar la aplicación de medidas de remediación, en este sentido es importante el conocimiento de los tipos de residuos a generar durante el desarrollo del proyecto. Los tipos de residuos que se pueden generar son: Residuos Peligrosos (RP), Residuos No Peligrosos (RNP) y Residuos de Manejo Especial (RME), por lo que se debe tener en consideración lo que dicta la LGPGIR para el manejo de cada uno de ellos.

Para dar a conocer medidas de seguridad y el correcto manejo de residuos, se sugiere llevar a cabo la *Capacitación y Aplicación de Reglamentos de Seguridad e Higiene* (medida M48) en donde se exponen las medidas generales y particulares a ejecutar en el frente de obra de que se trate.

**-M5a. Manejo y disposición adecuada de los Residuos No Peligrosos (RNP)**

<b>Tipo:</b>	<b>PR</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante toda la obra		

**Descripción:** el manejo, almacenamiento y disposición de los residuos no peligrosos generados durante la construcción debe considerar lo siguiente:

- Se deben colocar contenedores provistos con tapa, ubicados en lugares estratégicos de los distintos frentes de obra. Los contenedores se enviarán periódicamente a los sitios de disposición final autorizados por la autoridad local competente, para evitar su dispersión y contaminación a factores como agua, suelo aire, generación de olores y atracción de fauna (dañina o nativa).
- En el caso de residuos reciclables como empaques de cartón, plásticos, pedacería de cloruro de polivinilo (PVC), sobrantes de soldadura y metales, entre otros, se separarán y almacenarán temporalmente para su aprovechamiento enviando sobrantes a empresas autorizadas para su reciclaje.
- Los residuos no reciclables, se deberán disponer en los bancos de tiro autorizados más cercanos. Se debe evitar verter los residuos en predios baldíos, barrancas, cañadas, en cuerpos de agua, cavidades subterráneas, que afecten la calidad ecológica del sitio.
- No se deberán abrir nuevos tiraderos a cielo abierto.
- Para los residuos vegetales producto del desmonte, se deberán tomar las debidas consideraciones referidas en la medida M5a1.

**-M5a1. Manejo y disposición de residuos por desmonte**

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante el Desmonte.		

**Descripción:** esta actividad se refiere a las acciones de carga, transporte y disposición final de los residuos generados por las labores de tala, poda y desmonte en las que se produce una alta cantidad

de maderas, follaje y ramas que pueden o no tener un uso posterior en la obra. En este punto se debe recordar que los árboles deberán ser derribados con sierra, para reducir el daño. Este material, debe ser acopiado de forma correcta para evitar su descomposición. En el caso de las maderas, estas se pueden emplear (siempre bajo la normatividad y permisos vigentes de las autoridades competentes), ya sea en las actividades constructivas que lo requieran o ser donadas a las comunidades cercanas al trazo para usos como cercas, leñas, etc., por lo que se dará previo aviso a las localidades y se consideren las formas de transportación de dicho material. Por otra parte, las ramas y el follaje, deberán disponerse en los bancos de tiro, intercalando capas vegetales, con material estéril y escombro, compactando el relleno de acuerdo al procedimiento para la conformación de los bancos de tiro.

El aprovechamiento de este material vegetal entonces abarca la producción de abonos orgánicos (en particular en la capa superficial de los bancos de tiro previo a su restauración), como insumos para siembra, acciones de propagación (por esquejes) relacionadas con la reforestación-restauración del sitio, (M31) etc. En este punto se debe mencionar que la capa de suelo obtenida de despalme (capa orgánica de suelo), se utilizará como la capa más superficial del banco de tiro, extendiéndola en la superficie para después proceder (en su caso) con las labores de restauración. Con estas acciones se facilitará la incorporación de los elementos bioquímicos a través de su proceso natural de biodegradación.

**-M5b. Manejo y disposición adecuada de Residuos Peligrosos (RP)**

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante toda la obra, en particular durante la etapa de Construcción	

**Descripción:** los residuos que por sus propiedades físicas y químicas tengan características de peligrosidad, acorde a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, se manejarán conforme a lo que establecen las leyes y normativas aplicables. Para esto se deberán contratar las empresas autorizadas por SEMARNAT que den el correcto manejo a los residuos peligrosos, a fin de evitar de derrames de material en el suelo y cuerpos de agua y garantizar una adecuada disposición final. Con fines complementarios, se describen a continuación se muestran recomendaciones sobre el almacenamiento y manejo de residuos peligrosos.

**Recomendaciones del almacenamiento y manejo**

Cada contratista de obra, a cargo de ejecutar la construcción, se considerará como “un generador”, por lo que, *deberá registrarse ante la autoridad competente, en el entendido, según corresponda, de la cantidad de residuos que genere en un plazo no mayor a 6 meses, ya que este es el tiempo máximo de almacenamiento de residuos peligrosos según lo que indica el Art. 56 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento, con la finalidad de evitar la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, el arrastre por el agua de lluvia o por viento de*

los residuos, incendios, explosiones y acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames. Esta misma Ley establece que: todo generador de residuos peligrosos tiene la obligación de notificar a la SEMARNAT su actividad generadora, identificar, clasificar y manejar estos conforme a la Ley, al Reglamento y a la Normatividad respectiva, conforme la categoría que le corresponda.

- Los recipientes deberán estar marcados con las palabras “Residuos Peligrosos” y la fecha en que el residuo fue generado, de acuerdo al reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Usar recipientes que estén hechos de un material compatible con el residuo peligroso que se va a almacenar o que tenga el interior recubierto con ese material (esta acción evitará que el residuo reaccione o corroa el recipiente).
- Mantener cerrados todos los recipientes que contienen residuos peligrosos durante el almacenamiento, excepto cuando se le agregue o se le quite residuo.
- No se deberá abrir, manipular, o almacenar los recipientes de manera tal que se puedan romper y dejar escapar el residuo o que puedan fallar de alguna otra manera.
- Inspeccionar por lo menos una vez a la semana las áreas en que se almacenan los recipientes, de tal forma que el encargado pueda reportar de forma sistemática los hallazgos (irregularidades) con el objetivo de corregirlos.
- Buscar filtraciones o deterioro causado por corrosión u otros factores.
- Mantener los recipientes en buenas condiciones. Si un recipiente tiene un escape, poner el material peligroso en otro recipiente.
- No mezcle residuos o materiales incompatibles a menos que se tomen precauciones para evitar ciertos peligros.
- Investigación de accidentes e incidentes: se deberá generar formatos y procedimientos para llevar una investigación inmediata de los accidentes y determinar la causa que los provocaron para prevenirlos.

El almacenamiento de los recipientes donde se contengan residuos peligrosos se deberá realizar en un área que se denominará “Almacén de Residuos Peligrosos”, que deberá ser impermeabilizada con un geotextil o pavimento, de tal manera, que se evite la contaminación del suelo sobre el que se almacenen, acorde a lo establecido en el Reglamento de la LGPGIR.

Una vez terminado el uso de estos sitios, el lugar deberá efectuarse (previo acuerdo con el/los propietarios del predio), las labores de restauración, por lo que se deberán quitar las planchas de concreto o protecciones al suelo colocados, limpiar el sitio, y de ser posible promover la generación de vegetación en el lugar, (EPA, 2003).

#### **Minimización de residuos peligrosos**

- No mezclar residuos no peligrosos con residuos peligrosos. Cuando se mezcla algo con un residuo peligroso listado en la NOM-052-SEMARNAT-2005<sup>2</sup>, todo el lote se vuelve peligroso, lo cual en ocasiones hace incluso imposible, el reciclaje.
- Almacenar los productos peligrosos y los recipientes de residuos en un área segura, la cual deberá inspeccionarse frecuentemente para asegurar que no existen filtraciones. Se puede evitar la producción de más residuos si no existen derrames o escapes.

*-M5b1. Acciones en caso de derrames*

<b>Tipo:</b>	<b>RM</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Aplicarse sólo en caso de presentarse contaminación de suelos por inadecuado manejo de residuos peligrosos o derrame de hidrocarburos.	

**Descripción:** en primera instancia, se hace mención de que en esta obra se busca establecer procedimientos para prevenir incidentes de derrames. La prevención (como ya se ha mencionado, es la mejor medida a aplicar, por su facilidad y bloqueo de acciones futuras), no obstante se debe tener el conocimiento para afrontar de manera oportuna, adecuada y efectiva cualquier descarga (ya sea de gasolina, Diesel, lubricantes nuevos y usados, aceites etc.) durante cualquiera de las etapas del Proyecto, ya que un derrame indebido hacia el suelo, cuerpos de agua, flora son detonadores de un gran impacto ambiental en la zona y pueden poner en peligro la integridad y la preservación de los ecosistemas donde se producen.

Cuando se presenta un derrame de hidrocarburos se pueden causar daños constantes y crecientes al suelo, agua (directamente al Río Tehuantepec) y a los recursos naturales. Ante dicha situación, se deberán aplicar medidas de urgente aplicación, que consistirán en acciones que inactiven la fuente de contaminación y la migración de los contaminantes en el ambiente, para posteriormente realizar una “Evaluación de riesgo al ambiente y a la salud” como lo especifica la NOM-138-SEMARNAT/SA1-2008<sup>3</sup>, a través, de una Unidad de Verificación o de un laboratorio acreditado y aprobado, en ausencia de estos la evaluación se realizará por parte de las autoridades competentes.

De manera general se mencionan algunas acciones a realizar en caso de derrames:

- Aplicación de medidas de urgente aplicación (estas medidas deberán de darse a los empleados en las capacitaciones previas a la realización de la obra y acorde a las actividades tanto generales o particulares que cada frente realice).
- Restringir el acceso del personal a la zona de derrame.
- Analizar la posibilidad de recuperar el producto antes de que cause daños.

<sup>2</sup> NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

<sup>3</sup> NOM-138-SEMARNAT/SA1-2008. Norma que indica los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo y la remediación.

- Se debe evitar la transferencia de contaminantes al suelo limpio, al aire y al agua o al alcantarillado bordillos, cunetas etc., (si es que ya existen).
- No se deben generar mayores alteraciones ambientales que las producidas por el suceso que provocó la contaminación.
- Identificar el producto para darle el debido tratamiento.
- No se debe diluir el suelo contaminado, entendiéndose por ello la mezcla de suelo contaminado con suelo limpio o menos contaminado.
- Si el producto derramado es sólido, determinar el método de recolección. Si es líquido, aplicar sobre el producto un material absorbente como tierra, arena, y recogerlos posteriormente. Nunca deben utilizarse mechas, aserrín, espuma de poliuretano u otro material orgánico.
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado y necesario para el manejo de residuos.
- Cuando la técnica de remediación utilizada modifique el pH del suelo, se debe garantizar al final de la remediación que éste sea similar al de la zona aledaña.
- Los lixiviados generados durante el tratamiento del suelo contaminado deberán manejarse conforme a la legislación vigente.
- Cuando las actividades de limpieza impliquen la construcción de obra civil o hidráulica adicional a la existente se deberá cumplir con la normatividad en materia de impacto ambiental.
- Dar aviso a las autoridades correspondientes sobre el suceso y la forma de procedimiento que se siguió.

*-M5b2. Prevención en el Manejo de sustancias y residuos inflamables y explosivos*

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante toda la construcción de la carretera.	

**Descripción:** esta medida deberá incluir la capacitación del personal (como se menciona de forma general en la medida M48) sobre el manejo de combustibles y residuos peligrosos, que son capaces de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 kg/cm<sup>2</sup> de presión, o que sean inflamables (capaces de causar un incendio en diferentes condiciones tales como fricción, absorción de humedad, cambios químicos espontáneos, y que al incendiarse arden tan vigorosa y persistentemente que pueden representar un riesgo). El manejo de este tipo de residuos no debe tomarse como un mero cumplimiento de la normatividad, sino como una responsabilidad del cuidado a las personas involucradas, así como de la población en general y del medio ambiente.

Como en casos anteriores, la prevención de este tipo de riesgos es la mejor medida aplicable, no obstante en caso de derrame o escape de este tipo de productos (explosivos, gases, petroquímicos, pinturas, etc.), se debe tener en cuenta entre otras cosas lo siguiente:



- Evacuar la zona de peligro.
- Eliminar toda fuente de ignición Ventilar.
- No verter chorros de agua sobre el líquido.
- Contar con un plan de combate de incendios e impartirlo a los diferentes frentes de trabajo, donde se instruya a los empleados que estarán en contacto directo o indirecto con productos químicos.
- Se deben tener recomendaciones al personal que eviten problemas como comer, beber o fumar en áreas de trabajo, en particular en los sitios donde se contienen estos productos.
- El personal deberá estar provisto de equipos de seguridad personal: ropa, calzado, ojos, cara, manos y respiratoria acorde al producto que manejará.

### **Explosivos (para túneles)**

*En el Capítulo II apartado II.2.4.7 se mencionó lo correspondiente a la construcción de 3 túneles ubicados en el km 101+903 - 102+050, 141+949 - 142+059 y 544+177 - 544+379, en este se presentaron el tipo y cantidad de explosivos a emplear durante la construcción de los túneles, el manejo, cantidades y sitios de almacenamiento de explosivos para la obra necesarios y manejo del material resultante de las excavaciones, además se indican varios puntos importantes sobre la mitigación en particular para actividades como la construcción y manejo de material, de manera general estas acciones son:*

- El material edáfico producto de las voladuras será utilizado en la formación de terraplenes y en su caso el material que no cumpla con la calidad requerida será dispuesto en bancos de desperdicio (tiro) fuera del derecho de vía.
- El material producto de la voladura será clasificado por su granulometría para definir su destino como aprovechable o desperdicio.
- En el banco de desperdicio se utilizará un tractor sobre orugas tipo CAT D6 o similar para extender y acomodar el material a fin de tener una consolidación del mismo y evitar deslizamientos y arrastre de materiales por la presencia de lluvias

En todo momento se debe tener extrema precaución para evitar deslizamientos lentos o progresivos de tierra (deslaves), respecto a esto se hace mención de tres fases de prevención, mismas que fueron descritas en el apartado II.2.4.7.2. “Procedimiento constructivo de túneles” del Capítulo II:

- 1era fase: reducir la posibilidad de desprendimiento de roca basándose en los resultados geológicos y geofísicos de los sitios de construcción de túneles (o sitios que requieran explosivos)
- 2da fase: revisión previa al inicio de construcción y vigilancia continua (diaria) durante el tiempo que duren las excavaciones de túneles y áreas de uso de explosivos.

- 3era. Fase: se sugiere restringir el desmante a los portales de entrada y salida de los túneles, para reducir el riesgo de deslave. Así como aplicar técnicas de protección de suelos y revegetación con especies nativas de bosque de encino-pino de manera previa al inicio de construcción de los túneles.

Para la construcción de cortes o túneles se deben obtener los permisos para su adquisición, traslado, manejo, almacenamiento y utilización, conforme a los requerimientos de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), acorde a lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-05-001/00<sup>4</sup> y conforme a la Norma N LEG 3 y demás aplicables. El personal deberá ser capacitado de manera adecuada y provisto del equipo y material necesario para evitar accidentes.

Respecto a la ubicación del sitio de almacenamiento de explosivos, como se mencionó en el Capítulo II, El proyecto Mitla – Tehuantepec, es una obra actualmente en construcción que tiene *vigencia en materia de impacto ambiental bajo el oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha 15 de Octubre de 2003 bajo términos y condicionantes*. Por lo tanto, la empresa constructora a cargo asignada por la promovente, tiene tramitada la revalidación del permiso general número 4577-OAXACA, concedido por la Secretaría de la Defensa Nacional, en donde se autoriza la compra de los materiales necesarios para armar el explosivo y que serán empleados en la construcción de la carretera federal Mitla – Tehuantepec y para varios tramos de la carretera Barranca Larga Ventanilla de la autopista Oaxaca – Puerto Escondido. También se establece que el almacenamiento se hará en los polvorines que tiene instalados a inmediaciones de los lugares de consumo en los municipios de San Lorenzo Albarradas Distrito de Tlacolula, San Juan Juquila Mixes Distrito de Yautepec y Santiago Lichiguiri Distrito de Tehuantepec, Oaxaca. En el anexo digital del Capítulo II de esta MIA, se presentan las imágenes satelitales de la plataforma de Google Earth 2014 donde se muestra la ubicación de los polvorines.

*-M5c. Manejo y disposición adecuada de los Residuos de Manejo Especial (RME)*

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>		Durante toda la construcción de la carretera.

**Descripción:** se deberá realizar una disposición adecuada de residuos generados por movimiento de tierras (material arcilloso, rocoso o granular que no cumple con las especificaciones técnicas para ser utilizado como material de obras, producto de cortes, excavaciones y demoliciones), y de aquellos considerados de manejo especial. Este material debe ser manejado y controlado desde su fuente hasta la el sitio de disposición final (banco de tiro), dados los numerosos impactos que puede causar su manejo inadecuado. El transporte de este material se realizará en camiones que eviten el derrame

<sup>4</sup> N-CTR-CAR-1-05-001/00 Normativa para la Infraestructura del Transporte que muestra los aspectos a considerar en la Excavación de Túneles con Explosivos.

o pérdida del material durante el transporte. La carga transportada deberá estar cubierta para evitar la dispersión de la misma (ver medida M2).

Con un correcto manejo de estos residuos se evitarán afectaciones como aplastamiento a la vegetación; obstrucción de cauces (azolves), tiros a balcón y caídas al río, aumento de sedimentos, contaminación, mayor turbiedad y cambios en la calidad del agua (que puede desencadenar afectación a especies como la nutria).

Al término de la disposición de los residuos de manejo especial, se realizarán actividades de Rehabilitación en los sitios por medio de la estabilización de la pendiente de los cúmulos de residuos, para posteriormente depositar el suelo de los 30 primeros cm de material orgánico producto del despilme, el cual que tiene el germoplasma del sitio (capa orgánica del suelo), que enriquece el suelo y posteriormente realizar la siembra de especies nativas en la zona.

En los bancos donde se vea afectada vegetación con características forestales (con vegetación de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino), en particular los que se ubican en el subtramo que transcurre paralelo al río Tehuantepec, la remediación debe realizarse de forma obligatoria ya que se encuentra en ubicaciones ecológicamente altas y sensibles, donde potencialmente puede haber cruce de fauna, por tanto la estabilización de los taludes de los bancos y la rehabilitación con fines de restauración permitirá reducir los daños al sitio.

#### M6 Ubicación y recomendaciones para sitios de Obras Provisionales, Asociadas y Adicionales

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Previa a la colocación de estas obras, en donde se incluyen oficinas, almacenes, patios de maquinaria, campamentos, comedores.

**Descripción:** para la colocación de oficinas, almacenes, patios de maquinaria, campamentos, comedores se buscarán sitios en las zonas pobladas más cercanas que cuenten con los servicios necesarios para las necesidades del Proyecto, esto con el objeto de reducir los impactos ambientales en sitios con buena conservación, por las condiciones topográficas así como por la existencia de zonas de importancia cultural (sitios arqueológicos).

Para este punto se debe solicitar ante las autoridades competentes, dueños y representantes legales correspondientes, los permisos para renta y uso de sitios requeridos acorde a las actividades a desarrollar, así como llegar a acuerdos sobre los pagos en tiempo y forma correspondientes sobre las rentas de dichos sitios. En todos los sitios usados, se deberá llevar a cabo una Rehabilitación del lugar, en esta se incluye:

- El Retiro de todas las estructuras.
- La Limpieza de los sitios (incluye el retiro de residuos generados).
- Realizar el escarificado y descompactación del suelo.

- En los terrenos que hayan presentado vegetación secundaria de forma previa a la instalación de las obras, se deberá fomentar el crecimiento de vegetación, mediante la siembra de especies nativas arbustivas o arbóreas (ver medidas de rehabilitación apartado).

En el caso de haberse producido contaminación del suelo por inadecuado manejo de residuos peligrosos o derrame de hidrocarburos, se deberá aplicar medidas de remediación y acatar lo que la Secretaría solicite acorde a la evaluación dicte en su informe de daños (ver medida M5b1, Acciones en caso de derrames). *No se descarta que por cuestiones técnicas se requiera la colocación de estas obras en sitios cercanos al trazo por lo que se mencionan las siguientes medidas (M6a-c):*

**-M6a. Elección y Colocación de sitios para Campamentos**

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Ejecutar de forma previa al inicio del Proyecto.	

**Descripción:** como ya se mencionó, la colocación de campamentos se realizará en las zonas urbanas más cercanas al trazo; sin embargo, de requerirse sitios de campamento temporales que por acciones técnicas no permitan el desplazamiento del personal, se debe considerar lo siguiente:

- Se deben buscar sitios desprovistos de vegetación forestal (para evitar el desmonte y por consecuencia afectación a la flora y fauna del sitio).
- Para la colocación de estas obras en el sitio no deberán existir escurrimientos perennes o intermitentes que alteren el cauce y características originales de los mismos.
- Se evitarán los cortes de terreno y rellenos. Los sitios deben tener una pendiente que pueda ser estabilizada y no generar deslizamientos o escurrimientos de material principalmente en temporada de lluvias.
- En la medida de lo posible, los campamentos serán pre-fabricados para fácil y total remoción.
- Realizar pláticas de educación ambiental al personal (ver medida M1a).
- Se deberá tener un estricto control de la generación de residuos peligrosos y no peligrosos del sitio. Por lo tanto no deberán existir tiraderos a cielo abierto, los residuos no deben ser depositados en corrientes de agua, ni deben ser incinerados.
- Evitar la realización de fogatas y si llegan a hacerse, rectificar que estas queden bien apagadas para no propiciar incendios.
- No deberán talarse, ni maltratarse especies vegetales dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies prioritarias ni que presenten valor ecológico (ver Capítulo IV y el listado de especies registradas para este proyecto, estén o no bajo alguna categoría de protección).
- Evitar la caza de fauna nativa (peces, reptiles, aves o mamíferos), para consumo de los trabajadores, así como evitar el maltrato, captura, o tráfico de animales y flora nativa. Por lo tanto esta medida se puede acompañar de la colocación de letreros alusivos que prohíban la cacería y de respeto hacia la fauna.

- Todos los sitios que sean utilizados para la colocación de estas obras deberán ser restaurados, por lo que se deberán levantar los campamentos sin dejar rastro alguno.
- Evitar la contaminación de cauces de agua, es decir el vertimiento de aguas negras y/o arrojó de residuos sólidos o líquidos a cualquier curso de agua, ya que todos llegan a su destino final al Río Tehuantepec.
- El campamento deberá disponer de instalaciones higiénicas destinadas al aseo del personal y para evitar la defecación al aire libre.
- En todo momento los campamentos deberán ajustarse a lo establecido en la Norma N-LEG 3/00<sup>5</sup> y se llevarán a cabo durante el periodo de construcción carretero y al finalizar, deberán ser retirados.

*-M6b. Elección y realización de Patios de maquinaria y talleres*

<b>Tipo:</b>	<b>PR</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción	
<b>Actividad de la obra:</b>		Durante la Preparación del sitio y la construcción de la carretera.	

**Descripción:** el o los sitios indicados para la colocación del patio para almacenamiento de maquinaria, talleres y maniobras, se ubicará en los sitios urbanos más cercanos al trazo y se realizará bajo lo que indican las normas correspondientes tanto de la SCT como es N-LEG-3/00 y demás aplicables, así como acorde a la LGPGIR.

Algunas recomendaciones a ejecutar dentro de estos sitios son:

- Se tendrá especial cuidado de no tirar al piso, diesel, aceites y sustancias contaminantes, para lo cual se tendrá un sitio con paredes y piso de concreto, para que ahí se depositen las sustancias contaminantes y posteriormente disponer de ellas, de acuerdo a la reglamentación correspondiente.
- Los patios de máquinas deberán tener señalización adecuada para caminos de acceso, ubicación y la circulación de equipos pesados. Si el patio de máquinas está totalmente separado del campamento, debe dotarse de todos los servicios necesarios señalados, teniendo presente el tamaño de las instalaciones, número de personas que trabajarán y el tiempo que prestará servicios. Al finalizar, se realizará el desmantelamiento del sitio y se dejará en condiciones buenas condiciones ambientales.
- Los sitios de elaboración de las obras en sitio se realizarán sobre el mismo derecho de vía para no afectar más sitios dentro del ecosistema.
- Instalar sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites, por lo que se requiere contar con recipientes herméticos para la disposición de residuos de aceites y lubricantes, los cuales se dispondrán en lugares adecuados para su posterior manejo.

<sup>5</sup> N-LEG-3/00 Criterios de carácter general sobre la ejecución, medición, de las obras para la infraestructura de transporte.

- El abastecimiento de combustible deberá efectuarse de tal forma que se evite el derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes al suelo, ríos, cañadas, arroyos, etc. Los depósitos de combustible deben quedar alejados de las zonas de dormitorio, comedores y servicios del campamento, así como alejados de cuerpos de agua.
- Impermeabilizar la superficie de los sitios de almacenamiento de combustible y de estacionamiento de la maquinaria para evitar cualquier riesgo de contaminación de suelo y subsuelo; se recomienda recubrir el suelo con un material impermeabilizante que deberá ser retirado al término de su uso. En caso de ser un sitio con previa existencia de vegetación deberá realizarse una rehabilitación del sitio que permita la estabilización de vegetación en el lugar.

**-M6c. Preceptos para la realización de Caminos de Acceso**

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la preparación y construcción de la carretera.		

**Descripción:** como se describió en el Capítulo II, apartado II.2.4.1.1 *Caminos de acceso para el eje troncal, se cruzan terracerías, se pasan segmentos que están liberados para su uso y otros que requieren de un cambio de uso de suelo ya sea forestal o no para la realización de obras, además de que en el sitio hay zonas donde existen y no, accesos de terracería o brechas para los frentes de trabajo. Acorde a esto, las medidas de mitigación enfocadas a los tramos carreteros se describen a continuación:*

Tabla VI.1 Tabla con medidas de mitigación de caminos de acceso al eje troncal

<b>MEDIDAS PARA LOS CAMINOS</b>
En los tramos donde existan brechas y terracerías, no se deberán abrir caminos nuevos por la existencia de formas de acceso a los frentes de trabajo.
Se realizará rescate y reubicación de fauna, limpieza del sitio, control y vigilancia en el manejo de residuos, contar con los permisos de cambio de uso de suelo correspondientes. Realizar rescate y reubicación de flora y fauna. Al finalizar el uso de estos caminos llevara a cabo una rehabilitación del lugar que incluya escarificación, descompactación, limpieza, enriquecimiento del suelo y siembra de ejemplares vegetales nativos.
<b>Caminos contiguos al Río Tehuantepec</b>
Para las zonas contiguas al Río, los caminos serán construidos de manera provisional sobre la superficie que represente la menor pendiente, donde exista la menor distancia entre el derecho de vía y la zona lateral del río, y en los sitios con menor presencia de especies arbóreas.
Los caminos se debe contar con los permisos correspondientes en materia de cambio de uso de suelo forestal (M28), en todos estos caminos se deberá tener estricto control y manejo de residuos (M2 y M5), colocar barreras de sedimento para evitar afectar al río (M11a), al finalizar el uso de los caminos se debe llevar a cabo una rehabilitación del área (M40 y M41). La estabilización de los caminos es una medida importante en las

### MEDIDAS PARA LOS CAMINOS

zonas contiguas al Río ya que de esto depende la no afectación a factor fauna y agua.

**NOTA: Las medidas de mitigación para los Caminos de acceso para Bancos de Préstamo y de Tiro, se presentan en los apartados correspondientes a estas obras (medidas M40-M43).**

En todos los casos, los caminos deberán ser construidos con el menor movimiento de tierra posible y limitarse al mínimo requerido para el movimiento de la maquinaria, además estarán dotados de una adecuada señalización para indicar su ubicación y circulación. Se considera que en los sitios que lo requieran, se deberá poner una capa de afirmado para facilitar el tránsito de los vehículos de la obra y no generar mayor erosión en el sitio, dicha capa deberá ser retirada una vez que el camino deje de funcionar. Los caminos deberán abrirse conforme avanza la obra y se deberán restaurar lo más pronto posible una vez que no se requiera su uso, con lo cual no se expone al intemperismo el sitio.

En los laterales de los caminos se deberán colocar trampas de sedimento para evitar que el material (fino), llegue hacia el Río y modifique su calidad.

#### -M6d. Medidas en sitios de colocación de subestaciones eléctricas

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la preparación y construcción de las subestaciones eléctricas.	

Para los impactos producidos en la colocación de estas obras se proponen las acciones de prevención enlistadas a continuación, las cuales, reducirán significativamente la importancia del impacto en caso de presentarse.

#### Medidas de prevención

- Las plataformas deben tener un nivel que evite cualquier riesgo de inundación, y en caso de cortes y terraplenes se debe buscar la mayor compensación posible de volúmenes. Además debe diseñarse obras complementarias para el drenaje superficial como cunetas, contracunetas, lavaderos, etc., que permitan el desvío de las corrientes de agua e impidan la erosión de las plataformas y sus taludes, así como subdrenajes que eviten problemas de tubificación, exceso de presión de poro o ascensión del nivel de aguas freáticas.
- Los taludes se protegerán contra erosión interna mediante la colocación de filtros y subdrenes contra erosión superficial. Cuando las características de los taludes de la subestación requieran de medidas de estabilización distintas a las anteriores la propuesta de solución deberá ser sometida a la consideración de CFE.
- En las subestaciones se debe considerar la instalación de un sistema para la prevención, control y extinción de incendios que incluye elementos pasivos y en casos especiales sistemas activos. Donde se instalen los equipos de transformación se deben incluir elementos pasivos



como son la fosa de captación de aceite, el tanque colector de aceite y las mamparas para la protección de estos equipos.

- Se recomienda emplear el camino de terracería existente en la zona para llegar al sitio de construcción de la subestación del Túnel 1, para no afectar la cubierta vegetal del lugar. Para el caso de las subestaciones de los túneles 2 y 3, se deberán emplear los caminos de acceso que se aperturarán para la construcción de la troncal.

### **Medidas de mitigación durante la construcción de las subestaciones eléctricas**

- El material orgánico, producto de las actividades de desmonte y despalle de los predios donde se vayan a construir las subestaciones eléctricas, se utilizará para las labores de reforestación, por lo que será almacenado en un sitio específico, lejos del cauce de cualquier cuerpo de agua cercano.
  - a. En este punto especificar si este material se usará para la elaboración de composta como propágulos, mediante esquejes o semillas para la obtención de plantas, haciendo énfasis en las que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
  - b. Si es para el primer propósito, la materia orgánica se triturará y enterrará para que este material pueda incorporarse al suelo mediante los procesos bioquímicos naturales, en sitios destinados para dicho fin o los establecidos por la autoridad competente.
- Deben rehabilitarse las áreas intervenidas libres de obras permanentes en los predios de construcción de las subestaciones, mediante la plantación de especies nativas de la región, podrán emplearse barreras vivas de árboles y arbustos nativos de la zona, que disimulen y armonicen el emprendimiento con su entorno, con el fin de mitigar el impacto visual ocasionado.
- A lo largo de la línea de transmisión (cableado) se deberá mantener una cubierta de vegetación o resembrar las áreas alteradas en lo posible con especies nativas de baja altura, que no rebasen las alturas de seguridad permisibles.
- Deberá prohibirse el empleo de áreas arboladas aledañas a los sitios de construcción de las subestaciones eléctricas para la disposición temporal de materiales sobrantes producto de las actividades de construcción.
- Durante la etapa de preparación y construcción de las subestaciones eléctricas, las actividades se realizarán de manera paulatina, con el fin de permitir que la fauna existente en el sitio de la obra se desplace a zonas aledañas. También deberán ejecutarse las acciones de rescate de fauna correspondientes en caso de encontrar evidencias (nidos, madrigueras, etc.) de cualquier especie animal. Deberán reubicarse cuidadosamente en una zona compatible con la que fuesen encontradas para asegurar su continuidad y permanencia.

- Deberá tenerse un control adecuado de todos los residuos generados (sólidos, líquidos peligrosos y no peligrosos) para evitar que entren en contacto directo con las especies faunísticas que se encuentren en los sitios de construcción.
- A fin de evitar afectaciones en los hábitos de alimentación, reproducción, anidación, de comportamiento, así como de los patrones de distribución, la maquinaria existente en el sitio de la obra deberá tener silenciadores para aminorar los niveles de ruido en la zona.

#### Protección de la fauna acuática

- a) En la fase de construcción deben evitarse movimientos de tierra innecesarios que introduzcan partículas suspendidas a los cuerpos de agua.
- b) No se depositarán los residuos sólidos y líquidos cerca o en cuerpos de agua, producidos en la construcción de las subestaciones eléctricas.
- c) No se permitirá que los trabajadores de la obra realicen actividades de pesca clandestina en cuerpos cercanos a los frentes de trabajo.

#### **Medidas de mitigación durante la operación y mantenimiento**

- La subestación eléctrica deberá tener un sistema de captación de derrames, con una capacidad igual al volumen del aceite del transformador, con el fin de evitar que este aceite dieléctrico provoque daños al suelo y subsuelo.
- Debe conservarse y dejar libre de obstáculos la distancia de seguridad entre la barda perimetral de la subestación eléctrica y las partes energizadas.
- La subestación deberá estar cercada, techada, con señalización preventiva y restringida a personas ajenas a la misma.
- Revisar que los radiadores del transformador (si los lleva) no tengan golpes ni abolladuras, ya que esto puede provocar fugas de aceite que contaminen el suelo adyacente al transformador y obstruir la circulación del aceite e impedir un enfriamiento adecuado, que pueda provocar un sobrecalentamiento.
- Se debe asegurar que las uniones del tanque del transformador queden perfectamente unidas para evitar fugas de aceites, los cuales podrían contaminar el suelo circundante.
- En caso de tratarse de una subestación eléctrica de tipo compacta, deberá estar cercada y techada, con señalización preventiva y restrictiva a personas ajenas a la obra.
- Toda subestación eléctrica deberá tenerlos respectivos señalamientos restrictivos e informativos, que eviten el acceso a personas no autorizadas, en los cuales se señale: “PROHIBIDO EL PASO”, “NO PASE” y “PELIGRO, ALTA TENSIÓN”.

- En caso de requerir de manera eventual, sustancias catalogadas como peligrosas, para el mantenimiento de la subestación eléctrica, éstas deben manejarse y disponerse de acuerdo con la normatividad aplicable.
- Revisar periódicamente que las barras de cobre para conexión de tierra del transformador, ubicadas en el interior de los gabinetes, estén completas y tengan la tornillería necesaria, para evitar descargas en la subestación eléctrica.
- Revisar frecuentemente que los radiadores del transformador (si los lleva) no tengan fugas de aceite, lo que ocasionaría el riesgo de un sobrecalentamiento y derrames hacia el suelo.
- Revisar periódicamente el sistema apartarrayos y asegurarse que no esté roto o dañado, a fin de evitar posibles incendios en la subestación eléctrica.
- Proporcionar al personal de trabajo capacitación en aspectos relacionados con seguridad laboral, equipo de seguridad personal, primeros auxilios y control de incendios.

#### M7 Almacenamiento de capa orgánica de suelo

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante el despalme.	

**Descripción:** durante las actividades de despalme, se realizará la remoción de la capa orgánica de suelo, la cual contiene microorganismos benéficos, semillas de plantas silvestres y nutrientes con los que pueden restaurarse los sitios afectados. Para poder utilizarlo en posteriores actividades se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El espesor del horizonte orgánico del suelo varía por lo que se deberá tener vigilancia de no mezclar con el resto del suelo.
- El suelo orgánico deberá ser protegido contra la acción erosiva del agua, viento y acción directa del sol, para lo cual se puede emplear lonas impermeables.
- Este material deberá regarse con cierta periodicidad para mantener la humedad y condiciones favorables.
- El personal encargado de realizar este rescate deberá tener cuidado de no mezclar este suelo con otras sustancias o con material que no es orgánico.
- Este material se puede emplear en el arroje de taludes de corte o terraplén (donde las condiciones del terreo lo permitan), o para su uso en la propagación de especies en el área de confinamiento temporal de especies rescatadas y para la restauración de los sitios de banco de tiro, donde el material se aprovechará en la superficie de los bancos para enriquecer el suelo al término de su explotación y lograr con esto la incorporación de vegetación.
- El suelo orgánico no se debe colocar en sitios donde impida el paso del cauce natural del drenaje o en lugares donde se invadan cuerpos de agua.

- Para reducir al mínimo las superficies de afectación, se debe tener precaución que las zonas a afectar con despalme sean sólo las que entran dentro de la línea de ceros y en estas zonas es donde se realizará el rescate de la capa orgánica.
- Los montículos de almacenamiento de preferencia no deben sobrepasar los 1.5 m para evitar su compactación.
- El suelo debe manipularse con el menor contenido de humedad posible.
- No se debe permitir el paso de maquinaria y/o vehículos sobre el material almacenado.

#### M8 Estabilizar los taludes de Corte y Terraplén

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Esta medida se debe realizar a la par de la construcción de las diferentes secciones de la carretera, por lo que una vez definidos los taludes y las terracerías, se puede dar inicio al abatimiento y protección, según sea el caso.

**Descripción:** en el área se consideran como frecuentes los movimientos de materiales litológicos no consolidados, por tanto con la información de los estudios geotécnicos, geofísicos y datos de campo se efectuaron ajustes en el trazo horizontal como vertical (movimiento de rasante), de forma que técnica y normativamente, mejorara las condiciones de operación y seguridad de la vía, los ajustes de mejora del trazo consideraron:

- Precisiones técnicas y mejoras necesarias en la Geometría disminuyendo el número de curvas horizontales y grados de curvatura.
- Ubicar el trazo en zonas con mayor estabilidad en los taludes.
- Reducción de las áreas de exposición de los cortes.
- Reducción del volumen de movimiento de tierras

No obstante en actividades como desmonte, despalme, movimiento de vehículos y maquinaria existirá pérdida de materiales por deslizamiento, y aún con los ajustes realizados en las actividades de corte (actividad donde se tiene el mayor riesgo), se espera un alto impacto e incidencia en la pérdida de estabilidad de las laderas en varios puntos a lo largo del trazo. A los cortes y taludes (en particular a los que por su naturaleza presentan un mayor riesgo geológico), se les deberán aplicar procesos que aseguren su estabilidad y protección que disminuyan o erradiquen la posibilidad de deslizamientos, ya sea modificando la inclinación, a través de drenaje, aplicando elementos estructurales resistentes o conteniendo los taludes con muros o incluso protegerlos en su superficie.

Existen sitios que podrían conllevar importantes derrumbes acorde a los estudios de Geotecnia y Terracerías, por tanto se identificaron las características de suelo, inclinación necesaria y correcta para un adecuado reposo del material, fundamental para la estabilización. Con estos estudios se

propusieron métodos que establezcan taludes o laderas con la aplicación de medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo; con todo, la eliminación total de los problemas no es posible únicamente mediante métodos preventivos, en todos los casos se requieren medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles a sufrir deslizamientos (Ramos, 2008).

Conforme a esto, de los datos generados en el informe Geotécnico (que describe el perfil estratigráfico a lo largo del trazo), del reporte del estudio Geomecánico (que describe la clasificación RMR de los macizos rocosos), de las secciones de construcción y el perfil del trazo (que permitieron conocer las dimensiones del corte y su geometría), se seleccionaron cortes altos o críticos dentro de 14 diferentes Subtramos en puntos clave que podrían presentar problemas de estabilidad; a partir de esta información se retomaron las recomendaciones propuestas de los mencionados estudios y se enfatiza que dichas estructuras deben cumplir con lo determinado en la Norma N LEG 3, N CTR CAR 1 01 009/11<sup>6</sup>, y demás aplicables.

*La tabla general que muestra el Subtramo, cadenamientos, tipo de terracería, clasificación del terreno natural, longitud, altura, tratamiento y recomendación y lado donde se colocará la protección se mostró en el Capítulo II, apartado II.2.4.2.2.c “Resumen del análisis de estabilidad de taludes”. A partir de esta información, que a su vez fue retomada de los estudios de estabilización de terraplenes, se muestran los resultados para el Reforzamiento y Estabilidad de Taludes de Corte y Terraplén del Proyecto en los Subtramos analizados, donde A,B,C,D y E son los tratamientos de estabilización propuestos.*

Para los casos de: Corte con Ningún (\*Ninguno) tipo de tratamiento/recomendación y los Terraplenes Tipo \*E, al final de las tablas se muestran otras recomendaciones. En color rosa, se muestran los taludes de corte “críticos” por su altura y composición estratigráfica, según lo determinado en el análisis y recomendaciones para reforzamiento de taludes de corte y terraplén para cada subtramo.

Tabla VI.2 Tratamientos para Reforzamiento y Estabilidad de Taludes

Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L	Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L
<b>Subtramo 3 del km 72+000 al 74+000</b>									
73+190	73+230	Corte	A	M	73+750	73+830	Corte	E	D
73+460	73+700	Terraplén	A	M	-	-	-	-	-
<b>Subtramo 4 del km 74+000 al 82+500</b>									
72+840	72+920	Terraplén	*Ninguno	N	77+160	77+300	Terraplén	*E	M
73+260	73+320	Terraplén	*Ninguno	N	77+400	77+500	Corte	A	I
73+460	73+680	Terraplén	*E	D	77+820	77+860	Terraplén	*E	M

<sup>6</sup> N CTR CAR 1 01 009/11 Norma que contiene los aspectos por considerar en la construcción de terraplenes para carreteras de nueva construcción.

Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L	Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L
74+150	74+260	Terraplén	*Ninguno	N	77+920	78+300	Corte	C	I
74+300	74+380	Corte	*Ninguno	N	78+380	78+540	Terraplén	*E	D
74+400	74+500	Terraplén	*E	D	78+800	78+960	Terraplén	*E	M
74+520	74+640	Corte	*Ninguno	N	79+360	79+480	Terraplén	*E	D
74+750	74+860	Corte	A	I	79+040	79+140	Corte	C	I
74+680	74+980	Terraplén	*E	D	79+170	79+250	Corte	B	I
75+120	75+280	Corte	A	I	79+530	79+580	Corte	B	I
75+620	75+680	Corte	C	M	79+630	79+860	Terraplén	*E	D
75+780	75+880	Terraplén	*E	M	80+200	80+280	Terraplén	*E	D
76+280	76+610	Terraplén	*E	M	81+200	81+340	Terraplén	*E	D
76+880	77+050	Corte	A	M	81+970	82+340	Terraplén	*E	D
<b>Subtramo 5 Del km 82+000 al 91+050</b>									
82+960	83+020	Terraplén	*E		87+820	88+040	Corte	B	M
83+940	84+040	Corte	*Ninguno	N	88+300	88+420	Corte	C	I
84+080	84+260	Terraplén	*E	D	88+960	89+080	Corte	B	I
85+240	85+360	Corte	B	I	89+200	89+280	Corte	B	I
85+620	85+780	Corte	B	I	89+400	89+520	Corte	B	I
86+000	86+080	Corte	B	M	90+060	90+200	Terraplén	*E	D
86+120	86+200	Terraplén	*E	D	90+240	90+340	Corte	B	I
86+920	87+050	Terraplén	*E	D	90+380	90+580	Terraplén	*E	M
87+080	87+240	Corte	C	I	90+820	90+920	Terraplén	*E	D
87+460	87+520	Corte	C	I	-	-	-	-	-
<b>Subtramo 6 del km 91+050 al km 99+000</b>									
91+120	91+220	Terraplén	*E	D	95+500	95+540	Terraplén	*E	D
91+320	91+400	Terraplén	*E	D	95+580	95+830	Corte	B	M
91+440	91+500	Terraplén	*E	D	95+840	95+960	Terraplén	*E	D
92+340	92+400	Terraplén	*E	D	96+360	96+540	Corte	B	D
92+920	93+060	Corte	B	M	96+560	96+760	Terraplén	*E	D
93+060	93+380	Corte	B	I	96+980	97+040	Corte	B	M
93+480	93+640	Corte	B	I	97+280	97+520	Corte	B	D
93+900	94+160	Corte	B	M	97+660	98+140	Corte	B	M
94+190	94+260	Terraplén	*E	D	98+160	98+360	Terraplén	*E	D
94+860	94+960	Terraplén	*E	D	98+440	98+560	Corte	B	M
95+000	95+480	Corte	B	D	98+600	98+820	Terraplén	*E	D
<b>Subtramo 7 del km 99+000 al km 106+500</b>									
99+320	99+380	Terraplén	*E	I	101+540	101+640	Terraplén	*E	M

Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L	Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L
99+540	99+680	Terraplén	*E	I	102+320	102+380	Terraplén	*E	I
99+740	99+800	Terraplén	*E	I	102+400	102+560	Corte	B	D
99+840	99+940	Corte	B	M	102+880	103+180	Corte	B	D
99+960	100+040	Terraplén	*E	I	103+320	103+340	Terraplén	*E	I
100+260	100+360	Corte	B	D	103+640	103+780	Corte	B	D
100+500	100+560	Terraplén	*E	I	103+980	104+040	Terraplén	*E	I
100+600	100+700	Terraplén	*E	I	104+800	105+000	Terraplén	*E	I
101+000	101+100	Terraplén	*E	M	105+960	106+000	Terraplén	*E	D
<b>Subtramo 8 del km 106+500 al km 115+000</b>									
106+100	106+300	Corte	B	I	111+690	111+800	Corte	B	I
106+340	106+380	Terraplén	*E	D	113+400	113+760	Corte	B	I
106+470	106+580	Terraplén	*E	D	110+140	110+180	Terraplén	*E	D
107+140	107+300	Terraplén	*E	D	110+540	110+660	Terraplén	*E	M
108+240	108+320	Terraplén	*E	D	110+760	110+820	Terraplén	*E	D
108+400	108+500	Corte	B	I	111+386	111+470	Terraplén	*E	D
108+620	108+640	Terraplén	*E	D	112+020	112+140	Terraplén	*E	M
108+840	108+960	Corte	B	I	112+300	112+420	Terraplén	*E	D
109+040	109+100	Terraplén	*E	D	112+560	112+680	Terraplén	*E	D
109+380	109+500	Terraplén	*E	D	112+990	113+020	Terraplén	*E	D
109+540	109+600	Corte	B	I	113+180	113+420	Terraplén	*E	D
109+840	109+880	Terraplén	*E	D	114+195	114+280	Terraplén	*E	D
111+140	111+360	Corte	B	I	-	-	-	-	-
<b>Subtramo 9 114+873.911 al km 128+195.095 No hay información</b>									
<b>Subtramo 10 del km 128+320 al km 133+600</b>									
128+210	128+300	Corte	B	I	131+390	131+500	Corte	*Ninguno	
129+420	129+480	Terraplén	*E	D	132+560	132+780	Corte	B	I
129+860	129+940	Corte	B	I	132+980	133+080	Corte	*Ninguno	
130+980	130+985	Terraplén	*E	D	133+095	133+180	Terraplén	*E	D
131+080	131+100	Terraplén	*E	D	133+460	133+660	Terraplén	*E	D
<b>Subtramo 11 del km 133+600 al km 140+600</b>									
134+220	134+340	Corte	B	I	136+700	136+850	Corte	E	I
134+400	134+500	Terraplén	*E	D	137+400	137+440	Terraplén	*E	D
134+980	135+080	Terraplén	*E	D	137+500	137+600	Corte	B	I
135+200	135+300	Terraplén	*E	D	138+250	138+660	Terraplén	*E	D
135+400	135+440	Terraplén	*E	D	139+120	139+200	Corte	B	I
135+660	135+900	Corte	B	I	139+300	139+380	Corte	B	I



Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L	Cadenamiento		Terracería	Trat/Rec	L
135+940	136+080	Terraplén	*E	D	139+640	139+780	Corte	B	I
136+260	136+390	Terraplén	*E	D	140+400	140+600	Corte	B	I
<b>Subtramo 12 del 140+600 al km 147+600 No hay información</b>									
<b>Subtramo 13 Del km 147+600 al km 156+600</b>									
147+920	148+620	Terraplén	*E	M	153+200	153+280	Corte	B	I
149+160	149+220	Terraplén	*E	D	153+460	153+520	Terraplén	*E	D
149+720	149+840	Terraplén	*E	D	153+560	153+640	Corte	B	I
150+100	150+180	Terraplén	*E	D	154+640	154+760	Terraplén	*E	D
150+340	150+620	Terraplén	*E	D	155+020	155+140	Corte	B	I
150+760	150+860	Terraplén	*E	D	155+880	156+100	Corte	B	I
151+440	151+540	Corte	B	I	156+120	156+320	Corte	B	I
151+940	152+030	Terraplén	*E	D	156+460	156+740	Terraplén	*E	D
152+180	152+260	Terraplén	*E	D	156+360	156+600	Terraplén	*E	D
152+630	152+780	Terraplén	*E	D	-	-	-	-	-
<b>Subtramo 14 del km 156+600 al km 165+838.37 No hay información</b>									
<p>Donde:            Trat/Rec= Tratamiento / Recomendación hecha a partir de los estudios de Geotecnia y Terracerías.            L= Lado; M= Ambos; D= Derecho; I= Izquierdo; N= Ninguno</p>									

Estas medidas dependen de la forma de trabajo en el sitio y de los sistemas de construcción que se lleven a cabo, por lo que *no se descarta que en las acciones de corte se requiera la implementación de estas u otras medidas que den estabilidad a los taludes*. Los métodos pueden incluir el abatimiento del talud, protección y sostenimiento mediante concreto lanzado, instalación de anclas de tensión, entre otras. *También se debe recordar que, el no colocar el material de desperdicio en balcones de cortes (tiros a balcón), o en recargue de taludes de terraplenes, o en cualquier otro lugar que no sean los bancos de desperdicio o de tiro indicados (en particular en la zona del Río Tehuantepec) podrá evitar la afectación a especies de flora y fauna protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de importancia ecológica.*

Tabla VI.3 Recomendaciones hechas por el informe geotécnico y estudio  
geomecánico para taludes de Corte A

<b>Recomendación para Protección y Estabilidad de Taludes de Corte "A"</b>
Amacizar la superficie del talud
Instalación de malla de Triple torsión (8*10) fijada con anclas cortas de 1.0 a 2.5m de longitud de 13mm (1/2") de diámetro en cuadrícula de 3 m
Instalación de drenes transversales en el bajo tercio de altura del corte con separación de 3*3 m distribuidos en tresbolillo, con una longitud de 6 m
Construcción de contracuneta tipo murete a 4m aguas arriba del cero del corte

Tabla VI.4 Recomendaciones para taludes de Corte B

<b>Recomendación para Protección y Estabilidad de Taludes de Corte "B"</b>
Amacizar la superficie del talud
Instalación de malla de Triple torsión (8*10) fijada con anclas cortas de 1.0 a 2.5m de longitud de 13mm (1/2") de diámetro en cuadrícula de 3 m
Construcción de contracuneta tipo murete a 4m aguas arriba del cero del corte

Tabla VI.5 Recomendaciones para taludes de Corte C

<b>Recomendación para Protección y Estabilidad de Taludes de Corte "C"</b>
Amacizar la superficie del talud
Aplicación de Concreto Lanzado de 6 cm de espesor, colocado con malla electrosoldada de 10*10, sujeta mediante anclas cortas con separación de 2.0 entre ellas
Instalación de Drenes transversales en el bajo tercio de la altura del corte con separación de 3 x 3 m distribuidos en tresbolillo, con una longitud de 6 m.
Construcción de contracuneta tipo murete a 4 m aguas arriba del cero del corte.

Tabla VI.6 Recomendaciones para taludes de Corte E

<b>Recomendación para Protección y Estabilidad de Taludes de Corte "E"</b>
Amacizar la superficie del talud.
Aplicación de Concreto Lanzado de 6 cm de espesor, colocado con malla electrosoldada de 10*10, sujeta mediante anclas cortas con separación de 2.0 entre ellas.
Instalación de Drenes transversales en el bajo tercio de la altura del corte con separación de 3 x 3 m distribuidos en tresbolillo, con una longitud de 6 m.
Construcción de contracuneta tipo murete a 4 m aguas arriba del cero del corte.

Tabla VI.7 Recomendaciones para Terraplenes tipo E

<b>Tratamientos preventivos para protección y Estabilidad de Terraplenes “*E”</b>
La calidad de los materiales para formar el cuerpo de terraplén, la capa de transición o subyacente, así como la capa subrasante, deberá cumplir con lo indicado en las Normas: N CMT 1 01; N CMT 1 02 y N CMT 1 03.
La capa subrasante deberá tener un espesor compacto mínimo de 40 cm y deberá compactarse al 100% de su MVSM respecto a la prueba AASHTO modificada.
La capa de transición o subyacente deberá tener un espesor compacto mínimo de 70 cm. y deberá compactarse al 95% de su MVSM respecto a la prueba AASHTO modificada.
En todos los casos, el cuerpo de terraplén se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso; los grados de compactación son con respecto a la prueba AASHTO modificada.
Se debe tomar en cuenta que para formar pedraplenes, el tamaño máximo de los fragmentos de roca requeridos es de 30 cm para rocas como brecha sana; y el tamaño máximo para rocas como andesita sana, será de 50 cm. Para lograr tales tamaños, deberá diseñarse cuidadosamente la barrenación y voladura, lo cual será supervisado por la residencia de Construcción.
Para compactar los terraplenes que se formarán con los fragmentos de roca procedentes de excavaciones en roca, se deberá colocar el producto de la excavación en capas con espesor no mayor del tamaño de los fragmentos más grandes, pero en ningún caso mayor de 30 - 50 cm. (párrafo anterior). Compactar mediante bandeo con tractor D-9 o similar, ronceando y aplicando por lo menos 5 pasadas por cada punto de la superficie de la capa, manteniendo un regado continuo del área por compactar (compactación a toda agua).
<i>En las laderas con pendiente transversal mayor de 15%, se deberán construir escalones de liga para dar apoyo al material que se colocará para formar terraplenes nuevos, según lo establece la Norma SCT N-CTR-CAR-1-01-004-00. La ejecución de la obra obedecerá lo establecido en la Norma N LEG 3.</i>
Los terraplenes formados en laderas deberán empezarse a construir desde la parte inferior. Es decir, la construcción se iniciará en las ceros de aguas abajo del terraplén, formando capas Horizontales.
Cuando el material producto de un corte se use para formar terraplenes en cañadas vecinas al corte, <i>no se deberá arrojar el material desde la zona de corte hacia la cañada.</i> Dicho material deberá acarreararse en camiones y colocarse en la parte baja, donde se formará el terraplén extendiendo el material en capas horizontales y compactándolo según la Norma N-CMT-1-01-02 <sup>7</sup> .
El talud del terraplén deberá afinarse como lo indica la Norma 3.01.01.005-F.11
En todas las áreas o cuencas que se formarán aguas arriba de los terraplenes, <i>deberá cuidarse durante la construcción y al término de la misma, que no se formen encharcamientos o zonas potenciales de encharcamiento. Para ello no debe quedar ningún material de desperdicio en esas áreas, ni de forma provisional;</i> asimismo, deben construirse las obras complementarias de canalización y encauzamiento hacia la obra de drenaje tan pronto como se detecte su necesidad durante el proceso de formación del terraplén.

<sup>7</sup> N-CMT-1-01-02 Norma que contiene los requisitos de calidad de los materiales que se utilicen en la construcción de terraplenes.

**Otras recomendaciones para los casos de Corte y Terraplenes tipo E.**

Además de las recomendaciones antes mencionadas, para los casos de Corte con Ningún (\*Ninguno) tipo de tratamiento/recomendación y los Terraplenes Tipo \*E, se sugiere hacer una revegetación con hidrosiembra (M8a) o a través de biomantas (M8b), que permitan mejorar la calidad estética, aumentar la captación de agua, así como dar suficiente protección para la erosión en el lugar. No obstante estas medidas se aplicarán acorde a las características del sitio y la viabilidad de ejecución en el lugar, siempre considerando la estabilización y seguridad de la estructura y buscando una condición armónica en cuanto al paisaje.

**El establecimiento de estas medidas entonces, dependerá estrictamente de un diseño de estabilidad de laderas y de los sistemas de construcción que se lleven a cabo.**

**-M8a. Colocación de Hidrosiembra**

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez realizadas las obras, en particular una vez que estén estabilizados los taludes y que estos permitan la aplicación de dicha técnica sin comprometer la estabilidad de la estructura.	

**Descripción:** esta técnica consiste en la proyección sobre el terreno de una mezcla acuosa de semillas, mulch, fertilizantes (principalmente orgánicos o que no dañen la calidad del agua) y sustancias adherentes. Es una técnica de fácil aplicación a gran escala porque se realiza con medios mecánicos especializados (hidrosembradora) dotados de equipos de bombeo (ver Imagen VI.6 ).



Imagen VI.6 Imagen que muestra la forma de aplicación de la hidrosiembra sobre la superficie a tratar.

### Método de aplicación (general)

Se realiza con un cañón o por medio de mangueras. La expulsión de esta mezcla debe realizarse de manera que el chorro no se oriente directamente sobre la superficie a sembrar y cuidando que la mezcla no escurra por la superficie del talud; entre la boca del cañón y la superficie a tratar debe haber una distancia que se calcula de acuerdo a la potencia de la bomba, pero suele ser entre los 20 y 50 m. La hidrosiembra se realizará en dos pasadas, la primera con semillas y la segunda únicamente como recubrimiento. Las plantaciones para árboles y arbustos, se deben efectuar inmediatamente después de recibir las plantas. Las plantaciones con cepellón son obligadas para las especies que no tengan dificultades de arraigo; la plantación a raíz desnuda se hará por el contrario, en aquellas que no presenten dificultades para su posterior enraizamiento, procediéndose inicialmente a un examen, limpieza y eliminación del sistema radicular dejando sólo las raicillas sanas. Una vez relleno el hoyo de la plantación, se formará un alcorque para recoger el agua de lluvia, impedir la escorrentía y facilitar la infiltración del agua, estas funciones se cumplirán también en los riegos. Finalizada la siembra y plantación se regarán las superficies sembradas y los árboles, para mantener las condiciones de humedad necesarias a fin de que germinen las semillas y enraícen los arbustos y árboles. Para lograr esto es importante considerar riegos en temporadas de secas para garantizar la estabilización de las plantas. Aunado a esto se debe considerar que las especies de semillas a utilizar sean nativas y correspondientes a las zonas secas o templadas según corresponda.

#### -M8b.Colocación de Biomantas

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez estabilizados los taludes.	

**Descripción:** la *Revegetación por el método de biomanta* se considera que este método de recubrimiento es económico, elegante y acorde a los requerimientos actuales de conservación de suelos y protección al medio ambiente del sitio. Las biomantas se fabrican industrialmente a partir de fibras vegetales, paja agrícola, fibra de coco y fibras sintéticas. Las fibras se cosen formando una trama resistente y se protegen por redes de polipropileno o yute, lo que permite su degradación. Las biomantas protegen de manera inmediata contra agentes erosivos, procesos de desplazamiento y movimiento de partículas hasta que la vegetación se establezca esto garantiza una protección del suelo, el refuerzo y el buen establecimiento de la vegetación (Imagen VI.7).



Imagen VI.7 Ejemplo de biomanta.

**Método de aplicación** Regularización del terreno: Lo deseable es que la superficie del talud sea lo más regular posible, para que las biomantas puedan adherirse totalmente a la superficie. El acierto y regularización pueden hacerse manual o mecánicamente, con el objetivo de eliminar surcos erosivos, o el relleno de los espacios vacíos y el anclaje de los sedimentos sueltos. Las concavidades del terreno y las negatividades de los taludes deben retirarse, para evitar la formación de nuevos focos erosivos y desmoronamientos (Imagen VI.8).

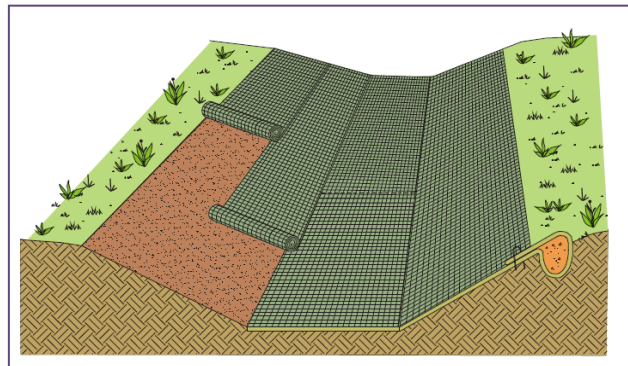
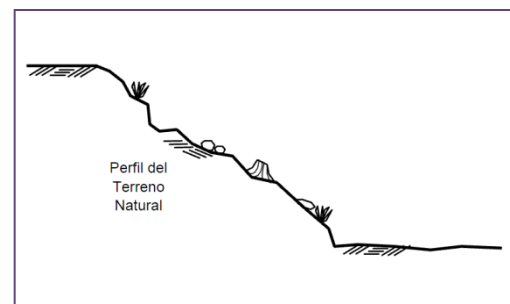


Imagen VI.8 Se muestra la forma de adherencia de la biomanta en la superficie.

Preparación del suelo: Después de la regularización de la superficie del talud y después de la construcción del sistema de drenaje, se inicia la preparación del suelo, que consiste en efectuar microcuevas, o sea, cuevas pequeñas próximas entre ellas y con profundidad suficiente, de manera que se retengan todos los insumos que van a aplicarse, como fertilizantes, correctivos, mulch, adhesivos y semillas. Estos insumos pueden aplicarse manualmente o por vía acuosa (Hidrosiembra).

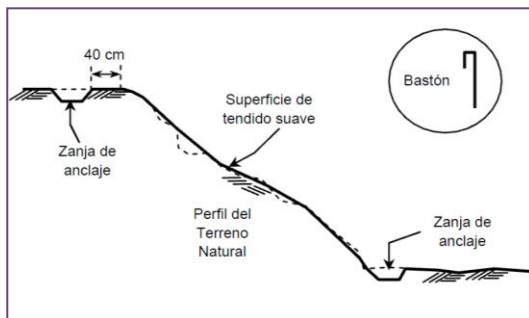
Aplicación de Biomanta: Dependiendo del tipo de fibras que se usen, existen diferentes tipos de biomantas, la





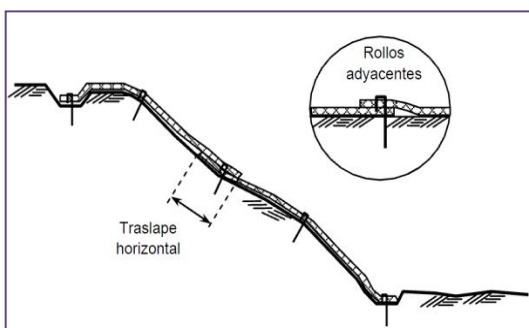
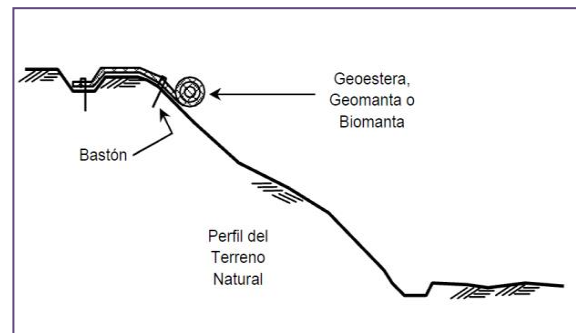
biomanta propuesta consiste en una mezcla de fibra de coco que pesa normalmente entre 200 y 350 gr/m<sup>2</sup>. Esta biomanta provee al suelo de una alta protección contra erosión, y sirve como muro de retención con cubierta vegetal. A continuación se indica el procedimiento para la instalación de la biomanta:

**PREPARACIÓN DEL TERRENO:** remover todo el material del etéreo, como pueden ser piedras grandes, raíces, escombros, etc., rellenando huecos para obtener una superficie de tendido suave y compacta. El talud se construirá hasta alcanzar el grado de inclinación especificado por el ingeniero.



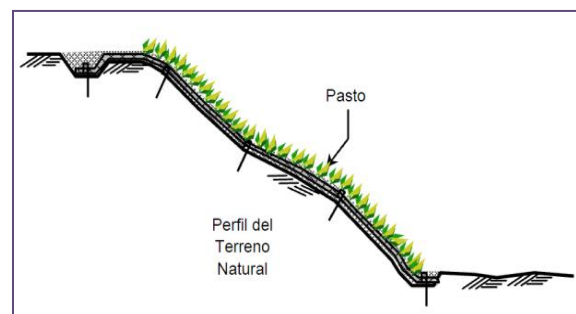
**2) PREPARACIÓN DEL ANCLAJE:** excavar una zanja de anclaje en el pie y corona del talud. La dimensión aproximada de la zanja será de 25x25 cm, con una separación de 40 cm del hombro del talud. Preparar bastones para sujetar la biomanta (el largo del bastón dependerá de la consistencia del terreno).

**3) COLOCACIÓN:** fijar la biomanta con los bastones en la zanja de anclaje en la corona del talud, y desenrollarla de arriba hacia abajo, fijándola con los bastones a cada 1.0 – 3.0 m, para conseguir un buen contacto con el terreno. La separación de los bastones dependerá de la irregularidad de la superficie de tendido.



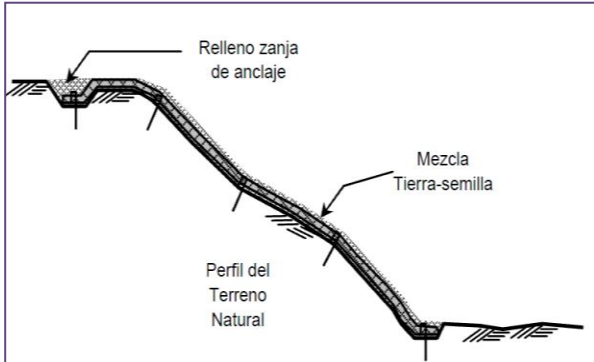
**4) TRASLAPE:** los rollos adyacentes se deberán traslapar en el sentido vertical aproximadamente 10 cm, mientras que en el sentido horizontal deberá ser mínimo de 50 cm. El traslape horizontal deberá tomar en cuenta la dirección del flujo de agua. El traslape vertical será a cada 1.50 m, mientras que el traslape horizontal a cada 1.0 m de separación.

**5) SIEMBRA DE PASTO:** dependiendo de las características del talud, rellenar las zanjas de anclaje con tierra vegetal. Rellenar completamente el espesor de la biomanta, mediante mezcla de tierra vegetal y semilla de cualquiera de las especies





de pastos nativos (a razón de aproximada de 50 gr/m<sup>2</sup>). En taludes muy pronunciados se recomienda la hidrosiembra.



**6) CONSIDERACIONES:** el sistema de riego y mantenimiento en la etapa primaria, es fundamental para el crecimiento de la vegetación. Para realizar esta actividad se deberán tomar en cuenta la época de lluvia o en su defecto considerar riegos frecuentes para asegurar el establecimiento de los pastos.

Durante la construcción se seguirán valorando y analizando sitios (taludes de corte principalmente), para el empleo de mantos acorde a las características de geometría (longitud, altura y pendiente) así como tipo de suelo. Algunas ventajas del uso de este material, además de limitar la erosión del suelo son las siguientes:

- Su biodegradación o fotodegradación (una vez degradado el manto se integra al suelo) en el caso de los mantos temporales.
- Conserva la humedad del suelo que ayuda a promover la germinación de la semilla
- Protegen las semillas de las plantas, permitiendo un mejor establecimiento de la vegetación
- Su durabilidad o longevidad funcional ya que va que puede llegar hasta los 50 años aproximadamente (permanentes).

*-M8c.- Utilización de biotecnología*

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez estabilizados los taludes o en sitios que una vez estabilizados requieran protección.	

Existen sitios en el proyecto donde la vegetación natural, por sí sola, no es suficiente para resistir las condiciones de flujo y no provee la protección más apta para la erosión a corto o a largo plazo, por ello, otra propuesta es el uso de biotecnología para control de erosión ya que las el empleo de concreto lanzado o malla mortero no permiten pequeñas deformaciones propias del terreno natural lo que los hace rígidos y por tanto, propensos a fallar en corto plazo.

Este método consiste en la utilización de mantos temporales o permanentes, que son esterillas flexibles que se encuentran conformados por fibras sintéticas que garantizan la protección del suelo, el refuerzo y el buen establecimiento de la vegetación ( Imagen VI.9).



Imagen VI.9 De izquierda a derecha: Mantos Permanentes, colocación de mantos permanentes y Manto Permanente instalado.

Además de reducir la erosión del suelo, se tienen otras mejoras como son:

- Su biodegradación o fotodegradación (una vez degradado el manto se integra al suelo) en el caso de los mantos temporales, los permanentes no son degradables.
- Conserva la humedad del suelo que ayuda a promover la germinación de la semilla
- Protegen las semillas de las plantas, permitiendo un mejor establecimiento de la vegetación
- Su durabilidad o longevidad funcional ya que va que puede llegar hasta los 50 años aproximadamente (permanentes).

#### M9 Construcción de Muros de contención

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez realizados los cortes. Se aplicarán en los sitios que requieran detener o reducir el empuje horizontal de tierra.	

**Descripción:** dentro de los estudios de Geotecnia, y Terracerías se indicaron varios sitios de colocación de Muros de Contención (ver Capítulo II, apartado II.2.4.2.3.d Muros de Contención y Anexo II H Estabilidad de Taludes del Cap. II que incluye los correspondientes estudios realizados en la zona), utilizados para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales.

En todo momento la capacidad del muro deberá ser verificada antes de iniciar la construcción y en caso de no cumplir con la capacidad de proyecto deberá re proyectarse, sin omitir la colocación de drenes acorde a las condiciones del sitio. Los sitios propuestos retomados del estudio de geotecnia (Anexo II H) se muestran en la siguiente Tabla VI.8.

Tabla VI.8 Sitios de colocación de muros de contención propuestos en los estudios de geotecnia y terracerías.

Subtramo (cadenamientos)		Lado del muro	Subtramo (cadenamientos)		Lado del muro
<b>Subtramo 3 del km 72+000 al 74+000</b>					
En este subtramo no se cuenta con información que muestre el requerimiento o no de colocación de muros de contención.					
<b>Subtramo 4 del km 74+000 al 82+500</b>					
75+298.00	75+400.00	Derecho	77+564.00	77+656.00	Derecho
76+504.00	76+524.00	Derecho	81+683.00	81+705.00	Derecho
76+611.00	76+618.00	Derecho	-	-	-
<b>Subtramo 5 del km 82+000 al 91+050</b>					
85+132.00	85+154.00	Derecho	85+572.00	85+588.00	Derecho
85+212.00	85+224.00	Derecho	87+028.87	87+043.87	Derecho
85+428.18	85+450.18	Derecho	88+437.00	88+470.00	Derecho
85+512.00	85+552.00	Derecho	90+796.00	90+848.00	Derecho
<b>Subtramo 6 del km 91+050 al km 99+000</b>					
90+794.00	90+846.00	Derecho	94+203.00	94+250.00	Izquierdo
91+112.00	91+134.00	Derecho	94+318.00	94+370.00	Izquierdo
91+613.00	91+633.00	Derecho	95+103.00	95+188.00	Izquierdo
91+734.00	91+756.00	Derecho	95+217.00	95+223.00	Izquierdo
91+998.00	92+004.00	Derecho	95+472.00	95+508.00	Izquierdo
93+361.00	93+494.00	Izquierdo	95+548.00	95+572.00	Izquierdo
93+673.00	93+710.00	Izquierdo	96+253.00	96+328.00	Izquierdo
<b>Subtramo 7 del km 99+000 al km 106+500</b>					
99+161.00	99+192.00	Izquierdo	101+750.00	101+762.00	Izquierdo
99+538.00	99+550.00	Izquierdo	104+812.00	104+846.00	Izquierdo
100+431.00	100+494.00	Izquierdo	106+048.00	106+063.00	Derecho
101+113.00	101+143.00	Izquierdo	-	-	-
<b>Subtramo 8 del km 106+500 al km 115+000</b>					
106+794.00	106+836.00	Derecho	109+806.00	109+834.00	Derecho
106+866.00	106+890.00	Derecho	112+430.00	112+464.00	Derecho
106+910.00	106+970.00	Derecho	112+588.00	112+627.00	Derecho
107+059.00	107+069.00	Derecho	112+631.00	112+655.00	Derecho
107+095.00	107+133.00	Derecho	112+870.00	112+911.00	Derecho
107+398.00	107+466.00	Derecho	112+928.00	112+944.00	Derecho
107+746.00	107+754.00	Derecho	113+365.00	113+425.00	Derecho
108+245.00	108+258.00	Derecho	113+429.00	113+443.00	Derecho

Subtramo (cadenamientos)		Lado del muro	Subtramo (cadenamientos)		Lado del muro
109+143.00	109+153.00	Derecho	-	-	-
<b>Subtramo 9 del km 114+873.911 al km 128+195.095</b>					
115+674	115+730	Izquierdo	121+172	121+186	Derecho
116+247	116+267	Derecho	121+197	121+249	Derecho
116+644	116+652	Izquierdo	121+249	121+269	Derecho
116+657	116+665	Izquierdo	121+530	121+606	Derecho
116+675	116+783	Izquierdo	124+690	124+712	Derecho
118+984	119+070	Izquierdo	124+768	124+792	Derecho
119+328	119+352	Derecho	118+480	118+660	Izquierdo
119+592	119+670	Izquierdo	118+520	118+580	Derecho
120+382	120+396	Derecho	120+270	120+330	Derecho
<b>Subtramo 10 del km 128+320 al km 133+600</b>					
128+194.00	128+209.00	Derecho	130+610.00	130+746.00	Derecho
128+342.00	128+390.00	Derecho	131+178.00	131+250.00	Derecho
128+604.00	128+636.00	Derecho	131+502.00	131+614.00	Derecho
128+724.00	128+764.00	Derecho	131+698.00	131+806.00	Derecho
129+150.00	129+210.00	Derecho	131+826.00	131+854.00	Derecho
129+356.00	129+422.00	Derecho	131+888.00	132+052.00	Derecho
129+586.00	129+674.00	Derecho	132+188.00	132+248.00	Derecho
129+704.00	129+724.00	Derecho	132+556.00	132+559.00	Derecho
129+956.00	129+972.00	Derecho	132+600.00	132+607.00	Derecho
129+986.00	130+070.00	Derecho	132+908.00	132+938.00	Derecho
130+126.00	130+152.00	Derecho	132+956.00	132+964.00	Derecho
130+214.00	130+226.00	Derecho	133+087.00	133+099.00	Derecho
130+269.00	130+530.00	Derecho	133+115.00	133+143.00	Derecho
130+551.00	130+568.00	Derecho	133+387.00	133+415.00	Derecho
<b>Subtramo 11 del km 133+600 al km 140+600</b>					
133+852.00	133+900.00	Derecho	137+147.00	137+206.00	Derecho
134+430.00	134+468.00	Derecho	137+345.00	137+363.00	Derecho
134+492.00	134+514.00	Derecho	137+416.00	137+428.00	Derecho
135+406.00	135+448.00	Derecho	137+627.00	137+705.00	Derecho
135+606.00	135+622.00	Derecho	137+747.00	137+793.00	Derecho
135+654.00	135+674.00	Derecho	138+015.00	138+051.00	Izquierdo
135+685.00	135+705.00	Derecho	139+235.00	139+271.00	Derecho
136+669.00	136+691.00	Derecho	139+986.00	140+007.00	Derecho

Subtramo (cadenamientos)		Lado del muro	Subtramo (cadenamientos)		Lado del muro
136+893.00	136+913.00	Derecho	139+532.00	139+629.00	Derecho
136+997.00	137+029.00	Derecho	-	-	-
<b>Subtramo 12 del km 140+600 al km 147+600</b>					
140+632.00	140+652.00	Derecho	143+088.00	143+114.00	Derecho
140+790.00	140+850.00	Derecho	143+906.00	143+928.00	Derecho
140+868.00	140+912.00	Derecho	144+070.00	144+150.00	Derecho
142+107.00	142+133.00	Derecho	144+403.00	144+433.00	Derecho
142+164.00	142+232.00	Derecho	-	-	-
<b>Subtramo 13 del km 147+600 al km 156+600</b>					
148+925.00	148+970.00	Derecho	150+842.00	150+856.00	Derecho
149+070.00	149+162.00	Derecho	151+203.00	151+307.00	Derecho
149+346.00	149+392.00	Derecho	151+598.00	151+606.00	Derecho
149+714.00	149+812.00	Derecho	151+964.00	151+976.00	Derecho
150+547.00	150+593.00	Derecho	152+939.00	153+004.00	Derecho
150+738.00	150+752.00	Derecho	154+971.00	154+990.00	Derecho
<b>Subtramo 14 del km 156+600 al km 165+838.37</b>					
157+485	157+496	Derecho	161+815	161+827	Derecho
157+577	157+580	Derecho	161+838	161+934	Derecho
158+166	158+272	Derecho	162+157	162+273	Derecho
158+690	158+710	Derecho	162+628	162+652	Derecho
160+170	160+192	Derecho	163+368	163+392	Derecho
160+228	160+272	Derecho	163+408	163+470	Derecho
160+292	160+312	Derecho	164+288	164+332	Derecho

Cabe mencionar que las medidas antes citadas (M8 (a-c) y M9) son de reducción ante los impactos generados y preventivas ante situaciones de erosión o deslave; así mismo no son limitantes para la elaboración de otras medidas; las condiciones de cada uno de los cortes puede variar durante su construcción, y no se puede descartar la posibilidad de encontrarse material susceptible a derrumbe (para lo cual se prevé la colocación de mallas dinámicas y retención de sedimentos ver medidas M10 y M11). También, *existen algunas alternativas como la sustitución de muros de concreto armado, por muros de tierra reforzada, estas de acuerdo a las condiciones evaluadas pueden ser una alternativa en algunos sitios (M9a).* Entonces, **estas acciones dependerán estrictamente de un diseño de estabilidad de laderas, del Seguimiento Geotécnico, del procedimiento constructivo y estos en conjunto, serán los que determinarán el tratamiento necesario para su protección y estabilidad.** Las técnicas presentadas pueden complementarse o sustituirse por productos y/o procedimientos comerciales especializados en protección y estabilización de taludes, *siempre y cuando, cumplan con los criterios de carácter general sobre la ejecución acorde a las Normas de la SCT N LEG 3/00, alcancen*



los niveles de calidad conforme a la norma N CAL 1 01/00 y mantengan lo establecido en el Proyecto Ejecutivo.

*M9a.- Sustitución de muros de concreto armado por muros de tierra reforzada con geomalla y fachada vegetal ( muros verdes)*

Como ya se mencionó en el Capítulo II, apartado II.2.4.3, la innovación de sistemas constructivos ecológicos implica la *Sustitución de muros de concreto armado por muros de tierra reforzados con geomalla y fachada vegetal (muros verdes)*. El requerimiento técnico de Contrato de obra muestra que para la construcción de este proyecto se deben realizar 153 muros de contención conforme los requerimientos técnicos de construcción bajo el sistema tradicional de concreto armado, sin embargo existe la opción, con base en criterios técnicos, de realizar la sustitución de muros de concreto por muros de tierra con refuerzo de geo sintético y fachada vegetal. Los muros de tierra reforzados con geomalla y fachada vegetal o “muros verdes”, consisten en estructuras que se construyen con materiales procedentes de cortes con el fin de obtener un nivel de subrasante adicionándole elementos transversales plásticos que le proporcionan al suelo la capacidad de resistir esfuerzos de tensión, lo cual permite la generación de taludes menos tendidos que los que se podrían lograr sin elementos estructurales de contención (muro de concreto armado), formando un muro de contención con el suelo y su refuerzo.



Imagen VI.10 A la izquierda construcción de Muro Verde. A la derecha apariencia muro verde.

Algunas ventajas que tienen los muros de tierra reforzado con geomalla (muros verdes) respecto a los de concreto armado son las siguientes:

- Son más resistentes frente acciones sísmicas que un muro de concreto armado, ya que son flexibles, absorben la energía sísmica transformándola en una combinación de deformaciones y tensiones en el refuerzo, que ayudan a limitar las deformaciones a valores admisibles, gran beneficio al desarrollarse el proyecto en Oaxaca que es una zona altamente sísmica.

- Tiene requerimientos de cimentación menores a los de concreto, ya que permite tener menores capacidades de carga del terreno, lo que se refleja en excavaciones para la cimentación de menor profundidad.
- Requiere menores áreas de construcción para alojar el proyecto. En la Imagen VI.11, se elimina el área para construcción de terraplén, lo que equivale a la disminución de 977 m<sup>2</sup> de áreas a deforestar (muro en el Km 95+528).
- La fabricación de los materiales con que se construye, deja una huella ecológica de menos del 80% respecto a la huella de fabricación de los materiales para la construcción del muro de concreto.
- Una vez concluido, la fachada es re-vegetada mediante una siembra de especies vegetales (y de forma obligatoria nativas), por lo que su aspecto final se integra al entorno de mejor forma.

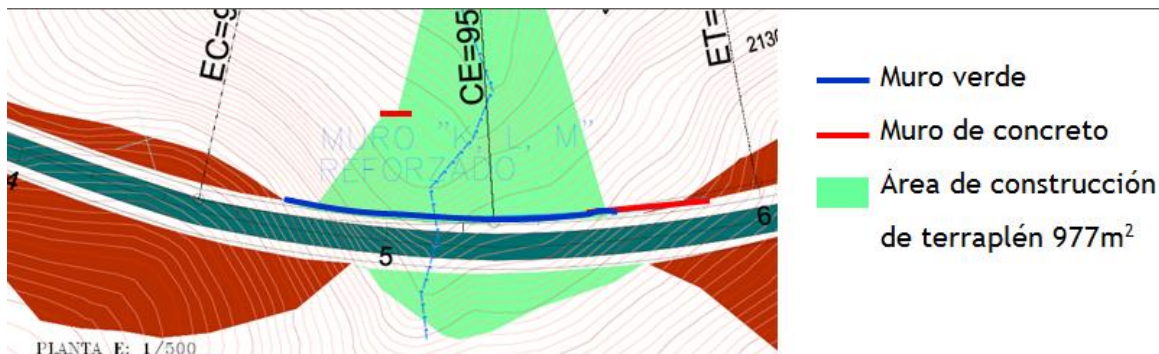


Imagen VI.11 Planta Comparativa de Solución de diseño de ingeniería con muro verde vs. Muro de Concreto armado.

#### M10 Aplicación de Protección contra caídas de rocas sobre del Río Tehuantepec

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez que se realice el desmonte. Se deben colocar las vallas de tal forma que antes de realizar los cortes ya exista esta estructura de retención de rocas.	

**Descripción:** para reducir e incluso evitar la caída de rocas al Río Tehuantepec durante la construcción, es decir previo a que los taludes queden estabilizados, se deberá colocar un sistema de protección de caídas de roca con vallas dinámicas (como la valla dinámica RX-150 o similares), que permitan retener las rocas que se desprendan al realizar los cortes y con ello facilitar su levantamiento sin tener que invadir y con ello aumentar los impactos (por generar nuevos caminos de acceso que implican desmonte, despalme y movimiento de maquinaria) hacia el Río Tehuantepec. Una vez estabilizados los taludes, es decir cuando ya no exista riesgo de caída de rocas y sedimento hacia el Río, las vallas deberán retirarse para evitar la afectación a la fauna, por lo podrán utilizarse en



tramos posteriores. Estas acciones deberán realizarse de manera particular en los 6 tramos de relevancia para la nutria<sup>8</sup>, y donde la estabilidad del suelo lo requiera.

*Se sugiere colocar las mallas dinámicas a una distancia promedio de 5 m después de la línea de ceros o en un lugar que permita retener las rocas que potencialmente caerán al realizar los cortes. Después, de la colocación de esta malla en una distancia promedio también de 5 metros o al nivel del límite del derecho de vía se deberán colocar en estos sitios Técnicas de captura de sedimentos (M11a) como se describe a continuación. Es oportuno mencionar que, los materiales provenientes de derrumbes o deslizamientos recientes se retirarán del sitio de trabajo como lo indica la Norma N.CTR.CAR.1.01.003/11<sup>9</sup> en particular lo indicado en el Inciso G.4.8, es por esto que la aplicación de este tipo de medidas será fundamental para evitar alteraciones a cuerpos de agua, a la vegetación y fauna; entonces, destaca el hecho de prevenir dichos impactos, permitirá evitar la realización de medidas de remediación que implican mayores costos y tiempos en la ejecución de la obra, así como mayores afectaciones a diversos factores del medio e incluso en caso de no aplicación de estas, existe la posibilidad de afectar de manera permanente al ecosistema.*

#### M11 Aplicación de técnicas de captura de sedimentos

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Después del Desmonte, antes de la realización de los Cortes.	

**Descripción:** con esta medida se busca la aplicación de técnicas que reduzcan el aporte de sedimentos principalmente hacia el Río Tehuantepec, en donde potencialmente se puede producir pérdida de material durante los cortes, despalmes y en general durante la construcción carretera. Para lograr esto se proponen las siguientes técnicas: colocación de Barreras de Sedimento M11a y Represas filtrantes de piedra acomodada M11b.

Esta medida se debe aplicar en caminos, bancos de tiro y demás obras donde se requiera detener el sedimento, en particular para evitar llegar al Río Tehuantepec y con esto afectar al recurso alimenticio de la nutria.

<sup>8</sup> Los sitios de relevancia para la nutria, están basados en un monitoreo de un año, es posible el tamaño de la población y los sitios de madrigueras varíen. Los sitios de importancia detectados son 24 Los cuales se agruparon en 6 tramos como se mencionó en el Capítulo IV apartado de Fauna.

<sup>9</sup> N.CTR.CAR.1.01.003/11 Norma que contiene los aspectos a considerar en la construcción de cortes para carreteras de nueva construcción.



Imagen VI.12 Se observa la caída de una roca hacia las vallas dinámicas. A la derecha se observa su retención por las vallas (Alva, 2006), cuando esto suceda las rocas se podrán levantar con maquinaria a través de un mantenimiento constante en la obra para y evitar las caídas de material al Río.

#### -M11a. Barreras de Sedimento

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	Previo a los cortes, a lo largo del tramo en los sitios de protección de la nutria, y en las zonas donde las condiciones topográficas lo permitan.
<b>Tiempo de ejecución:</b>		

**Descripción:** las barreras de sedimento o vallas de sedimento a base de “cercas de cieno”, es una técnica que se construyen para reducir el movimiento de sedimentos en una pendiente. Son usadas donde el flujo laminar de agua se puede estancar permitiendo que se asiente el sedimento y mantenerlo en el área de construcción. Estas serán colocadas de manera temporal y permitirán que se reduzca el aporte de sedimento al Río Tehuantepec.

Estas barreras no serán obras permanentes, por lo que *el éxito de esta técnica radica en el mantenimiento constante durante la mayor actividad de suelos*, por lo que el sedimento acumulado debe ser retirado cada vez que sea necesario para que la barrera no pierda su funcionalidad y evite que el material “fino” se disperse hacia el Río o genere que la cerca por acumulación se rompa.

#### Instalación

- Instalar las cercas de forma que el flujo de sedimento pase por la cerca. Coloque los extremos de la cerca de forma ascendente a la pendiente para crear un almacenamiento temporero para los sedimentos y escorrentía.
- Las cercas no deben ser ubicadas en áreas por donde el flujo de agua y sedimento sea excesivo como en canales o pases de agua.

- Nivelar la zona detrás de la cerca para proveer un área amplia donde almacenar sedimentos y escorrentías.
- Si se coloca al pie de una pendiente, la cerca debe ser ubicada lo suficientemente lejos del pie de la pendiente para proveer un área adecuada para almacenar sedimentos y escorrentía.

### Vallas de sedimento o cercas de cieno

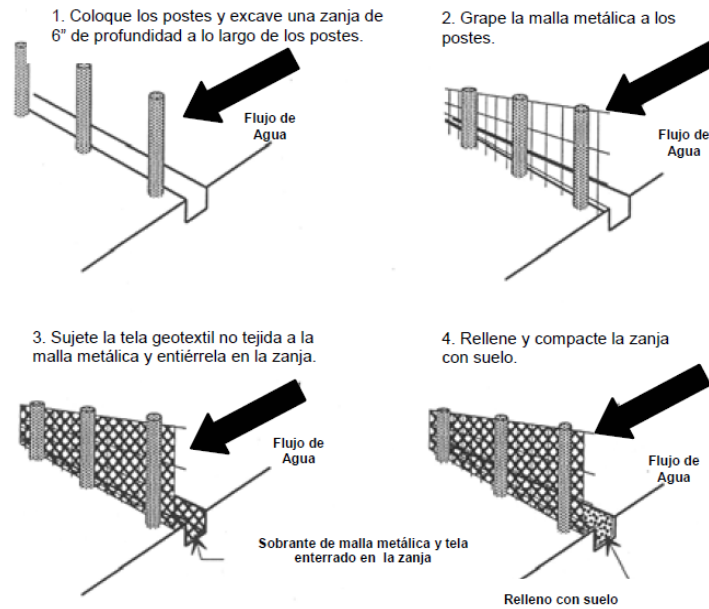


Imagen VI.13 Ejemplo de la Instalación de barreras de cieno.

- Cavar una zanja a lo largo de donde se pondrá la cerca. La profundidad de la zanja para cercas Tipo A y B debe ser al menos 6" (15.24cm) y 4" (10.16cm) para Tipo C (ver Imagen VI.14).
- Enterrar los postes un mínimo de 18" (45.72cm) en el lado bajo pendiente de la valla. Coloque los postes cada 10 pies (3m) si la cerca es sostenida por malla metálica, o cada 6 pies (1.82m) si se usa tela de alta resistencia sin malla metálica.
- Sujete amarres de soporte para cercas Tipo A y B hacia el lado ascendente del poste y 6" dentro de la zanja.
- Amarre un pedazo continuó de tela al lado pendiente arriba de los postes. Minimice el número de empalmes. Si los empalmes son necesarios, sujete el material firmemente a los postes y sobreponiéndolo hasta el próximo poste. Evite empalmes en puntos bajos de la valla.
- Para cercas de cieno Tipo A y B, coloque las últimas 8" de tela pendiente arriba dentro de la zanja de 6" (mínimo).
- Para cercas Tipo C coloque las últimas 6" de tela pendiente arriba dentro de la zanja de 4" (mínimo).
- Rellene la zanja con suelo compactado.

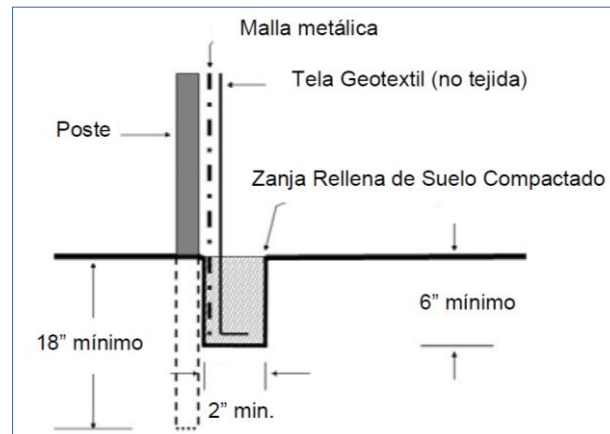


Imagen VI.14 Detalles para la instalación de barreras de cieno Tipo A y B.

- Estabilizar el área perturbada con vegetación o proteger los suelos de los taludes de corte y terraplén con geomallas o geotextiles.

### Modificación de las barreras de sedimento o “cercas de cieno”

*Es importante destacar que para la colocación de estas barreras se puede aprovechar los postes de concreto con los que se delimita la zona del derecho de vía y en este colocar mallas de dos diferentes dimensiones que permitan la retención del sedimento que se generará en los cortes. Las mallas pueden ser una electrosoldada y otra de número más pequeño pero que permita el paso del agua. Como ya se mencionó, el éxito de esta medida será el Mantenimiento constante que se dé a esta área para quitar el sedimento y evitar que este llegue al cauce del Río Tehuantepec. En conjunto, la colocación de las mallas dinámicas (para retener rocas) M10 y las barreras de sedimento M11, para retener sedimentos más finos, evitarán la afectación a la calidad del agua en la zona del cauce del Río Tehuantepec, lo cual podrá fungir como una medida efectiva para evitar la afectación a especies como la nutria.*

### Mantenimiento

**El éxito de estas dos medidas (Aplicación de protección contra caídas de rocas sobre el Río Tehuantepec y la Aplicación de técnicas de captura de sedimentos), reside en el mantenimiento constante que se dé tanto a la malla como a la cerca de cieno en cuanto haya caída de rocas o material. Para el mantenimiento se sugiere:**

- Inspeccionar las cercas semanalmente luego de lluvias y reparar inmediatamente de ser necesario.
- Limpiar y dar mantenimiento a las áreas donde se acumulen sedimentos.
- Remover el sedimento depositado cuando este alcance la mitad de la altura de la tela.

- Luego de estabilizar las áreas desmontadas que no estén ocupadas por obras permanentes, remover todos los materiales asociados a la barrera y depósitos de sedimentos inestables. Nivelar el terreno y restaurar con vegetación.
- Después de remover los sedimentos disponer todo el material adecuadamente en los sitios de bancos de tiro.
- Estas mallas y barreras deberán ser revisadas después de lluvias y deberán ser reparadas si se observa desplazamiento de las mallas.

**Las medidas M10 Y M11, son de carácter temporal, por lo que deberán retirarse una vez estabilizado el talud de corte o de terraplén, para evitar la obstrucción de paso de fauna. No obstante, pese que estas medidas son temporales pueden en gran medida, evitar las afectaciones que alcanzarían a ser críticas, para el Río Tehuantepec.**

*-M11b. Represas filtrantes de piedra acomodada*

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Durante la construcción, en particular en los sitios con pendientes, donde la fuerza del agua se puede disminuir a través de las represas.	

**Descripción:** en los puntos donde las corrientes de agua no sean fuertes, conviene construir represas filtrantes de piedra acomodada. Se pueden utilizar diversos modelos y técnicas de acuerdo a las condiciones del terreno y a los materiales disponibles.

Estas técnicas se podrán colocar en los sitios donde se realicen obras como puentes y estructuras mayores (en particular en los estribos de estas estructuras), donde existan potencialmente sitios de erosión o con tendencia a la misma. Las represas filtrantes retienen los materiales sólidos aguas arriba y permiten una filtración del líquido con menor velocidad, facilitando su control y alargando el tiempo de escurrimiento. Una represa sencilla consiste en una pared perpendicular a la dirección de la corriente, edificada simplemente acomodando y superponiendo piedras sin labrar y sin utilizar mezcla ni cemento para unirlas, de modo que queden hendiduras entre ellas por donde pueda filtrarse el agua, cuidando que estén bien calzadas para que no sean arrastradas. En la cara de la represa que está corriente arriba se amontonan ramas, tierra o desechos vegetales disponibles que impidan que el agua se filtre velozmente, logrando un estancamiento temporal.



Imagen VI.15 Ejemplo de obras de Restauración de Suelos, con presas filtrantes de piedra acomodada, para reducir la erosión hídrica y generación de cárcavas (imagen: Gómez, 2008).

#### -M11c. Represas filtrantes de gaviones

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	En los lugares que requieran la retención de sedimentos en particular en sitios de obras mayores.	

**Descripción:** si la corriente es más fuerte y amenaza derribar un muro de piedra simplemente acomodada, conviene construir represas de gaviones con cimientos y empotramiento de mampostería para darle resistencia contra el embate de la corriente. Las represas de gaviones están armadas con una serie de cajones de malla de alambre galvanizado, rellenos de piedras y amarrados unos a otros, por lo que tienen gran resistencia para enfrentar corrientes turbulentas. Tales represas se diseñan con un vertedor central para conducir el exceso de agua en caso de desbordamiento, y así evitar que la corriente pueda horadar los extremos donde la presa se une al terreno. Si la caída de agua es fuerte, será necesario añadir un piso aguas abajo o un tanque amortiguador, que impida que la corriente excave la base de cimentación de la presa, lo cual podría derribarla. Las condiciones del terreno y la fuerza estimada de la corriente en cada punto determinan el diseño de la presa de gaviones, que puede ser de niveles escalonados para tener mayor resistencia o de cortina inclinada para reducir costos (Imagen VI.16).

Al disminuir la velocidad y fuerza del torrente inicial a través del estancamiento provisional del agua en diversos puntos, se logra el control de los dos recursos naturales involucrados: el suelo y el agua.

- La tierra acarreada por la corriente se asienta en el lecho de las terrazas montaña arriba, en donde debe estar, en lugar de ser arrastrada corriente abajo.
- Se obtiene un espejo de agua temporal que puede incluso servir para abrevadero de fauna silvestre, mientras que una parte se filtra lentamente a través de las oquedades de la represa



hacia las partes más bajas, y otra porción se infiltra en el suelo, recargando los mantos freáticos.

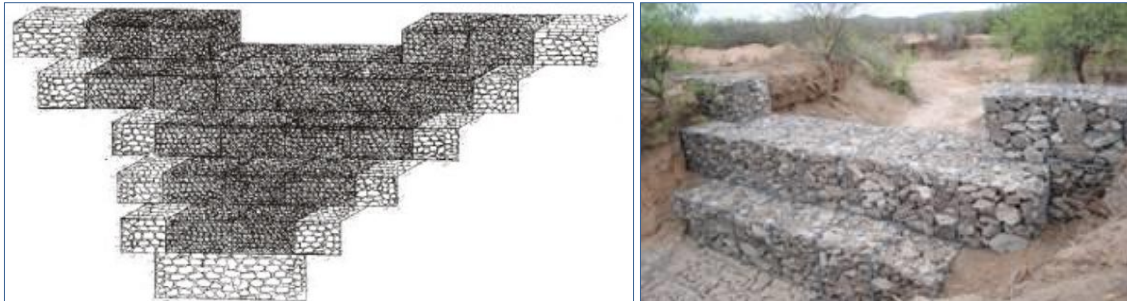


Imagen VI.16 Presa filtrante, contención y regeneración (Imagen derecha Conaza de POH, 2012).

A través del tiempo, estos dos fenómenos producirán un doble efecto benéfico:

- En los cauces donde se presente erosión hídrica la acumulación de tierra fértil en las hondonadas producirá un efecto similar a la “cicatrización”, donde se cierran las fisuras, con lo que poco a poco se cubrirá de vegetación natural favorecida por las condiciones de humedad que encontrará, y
- La acumulación de azolve funcionará como esponja que captará una gran cantidad de agua y la soltará lentamente a través de la represa filtrante, logrando un pequeño flujo que se prolongará por varios días o semanas, convirtiéndose en un arroyo semipermanente, en lugar del estéril torrente que corría anteriormente durante unas cuantas horas.

Su diseño dependerá de los siguientes puntos:

- Se deberá determinar la sección transversal del cauce donde se realizaran obras.
- Determinar la curva de áreas y capacidades con el fin de cuantificar los volúmenes de agua y sedimentos que serán almacenados aguas arriba de la presa de retención de sólidos.
- Estimar el escurrimiento máximo que tiene lugar en la cuenca del río o cauce (área de recepción) a fin de diseñar la capacidad máxima del vertedor.
- Diseñar el vertedor a fin de satisfacer la capacidad de descarga del escurrimiento máximo.
- Considerar los empotramientos máximos permisibles en ambas márgenes del cauce.
- Proporcionar un colchón amortiguador a fin de evitar el golpe de la caída del agua sobre el piso aguas debajo de la obra en el momento de verterse las aguas.

La protección aguas debajo de las estructuras permitirá que las descargas localizadas no se erosionen y con ello evitar algún tipo de falla global, además de proveer la construcción de disipadores de energía controlando la velocidad aguas abajo (García y Vergara, 2007; Hernández y Herrerías, 2010).



### VI.2.3 Factor Hidrología

#### M12 Contar con autorización para la extracción de agua ante CONAGUA

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Antes de iniciar los trabajos de Construcción.	

**Descripción:** se deberá contar con previa autorización ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y demás autoridades correspondientes, sobre los sitios de extracción de agua para llevar a cabo el correcto uso del recurso.

Estos permisos se deben tramitar de forma previa a la construcción y deberán indicarse los sitios de acceso al Río para reducir los impactos al lugar.

#### M13 Evitar almacenamiento de residuos cerca de cauces de agua

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante toda la construcción de la carretera.	

**Descripción:** el camino cruza varios cuerpos de agua, donde potencialmente existirá erosión hídrica debido a la presencia de suelos poco consolidados, por esto deberá evitarse el almacenamiento temporal cerca de los cauces de agua (escurrimientos, arroyos o ríos) durante la construcción ya sean residuos producto de desmonte, cortes, y excavaciones o cualquier tipo de residuo. Estas actividades deben realizarse en todo el trazo, en particular dentro del Subtramo que transcurre paralelo al Río Tehuantepec, para impedir el arrastre de sedimentos aguas abajo, en específico en los 24 puntos de relevancia para la nutria (cadenaientos 128+719.23; 129+450; 129+750; 130+477.02; 130+890; 134+647.25; 135+400; 135+821.11; 137+000; 137+389.31; 138+700; 142+080; 144+100; 144+700; 145+300; 147+000; 148+752.76; 149+420; 149+785.43; 152+400; 153+450; 157+529.74; 160+536.58; 161+430.12 descritos en la medida 34c)<sup>10</sup>.

Estas acciones tendrán mayor énfasis durante la época de lluvias, por el incremento del arrastre de sedimentos; otras acciones a considerar son:

- Evitar la colocación de puestos de alimentos y bebidas en las orillas de los cauces de agua.
- No estacionar vehículos que contengan combustibles, grasas, lubricantes, asfaltos o explosivos, en los cauces o cerca de ellos, para evitar y prevenir el derrame de estos materiales sobre corrientes, cuerpos de agua o sobre suelo.
- Dejar sobre el lecho de los arroyos, ríos, cañadas, barrancas y laderas residuos producto de la construcción de los puentes, obras de drenaje mayor y menor, terraplenes, taludes y túneles.

<sup>10</sup> Coordenadas de localización de sitios de importancia de nutria (X y Y): 196936.47, 1857147.92; 195223.00, 1857318.00; 201980.00, 1854066.00; 206981.00, 1850988.00; 201751.29, 1854478.78; 221091.00, 1844770.00; 200244.00, 1855928.00; 201066.00, 1855297.00; 209630.00, 1850035.00; 218950.35, 1846793.22; 220571.08, 1845696.68; 195910.44, 1857256.90; 212139.35, 1849274.37; 211088.44, 1849480.59; 215031.48, 1847643.69; 207817.00, 1850559.00; 207187.00, 1850510.00; 205407.00, 1851727.00; 211796.00, 1849316.00; 214331.00, 1848081.00; 196271.00, 1857202.00; 203334.00, 1853942.00; 200862.00, 1855638.00; 197135.00, 1857044.00.

Así como, verter o descargar cualquier tipo de material, sustancia o residuo contaminante y/o tóxico que pueda alterar las condiciones a cuerpos de agua cercanos.

También se debe tener extrema precaución durante la elaboración de la superestructura de los puentes y viaductos para evitar la caída de material hacia las cañadas o al Río.

#### M14 Proteger la salida de las obras de drenaje menor

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Al término de la construcción de cada obra de drenaje menor.	

**Descripción:** una de las técnicas para hacer esta protección se conoce como enrocado de protección, se suelen colocar fragmentos grandes y durables de roca bien graduada idealmente con superficies fracturadas, con tamaños adecuados para resistir la socavación o el movimiento por el agua, los cuales se colocan para evitar la erosión del suelo nativo en el sitio. Esta técnica se recomienda utilizar en la salida de las alcantarillas y lavaderos que se proyecten en la construcción para disipar la energía del agua que fluye, reducir su velocidad de flujo, y prevenir la socavación del canal o de las márgenes. Se estima que esta se podrá emplear en estructuras como lavaderos, con el objetivo de reducir la velocidad del agua y con ello evitar o reducir la erosión Hídrica. La aplicación de esta medida estará en función de los requerimientos estructurales y las condiciones del sitio.

Durante la construcción de las obras de drenaje no deberá bloquearse el paso del agua, se deberán colocar desvíos que permitan el libre paso del flujo. Una vez que se construya la obra se debe reencauzar el agua a su cauce original. Se debe evitar que durante el tiempo en que se termina la obra estas se obstruyan por arrastre de sedimento o se azolven, para lo cual se deberán colocar las estructuras que eviten el arrastre de sedimento hacia las mismas y dar mantenimiento, siempre protegiendo los escurrimientos ya sean perennes o intermitentes.

#### M15 Reducir el paso de maquinaria por cauces de agua

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la operación de la maquinaria, en particular durante la construcción de obras hidráulicas ya sean mayores o menores, puentes o viaductos.	

**Descripción:** la maquinaria que se utilice para la construcción, en particular en los sitios donde se construirán los estribos de los puentes, se deberá limitar su introducción a los espejos de agua, con el fin, de evitar contaminación del agua al contacto con elementos de la maquinaria que contengan grasas o aceites, en particular por la existencia de madrigueras de nutria en la zona del Río Tehuantepec. En caso de requerir movimiento de maquinaria se deberán tener las precauciones correspondientes acorde a las normas aplicables para evitar afectaciones a los cuerpos de agua y suelo. *Se debe recordar que los impactos hacia el Río Tehuantepec son los más relevantes en la MIA, y*

acciones como restringir el paso de maquinaria a zonas con agua o que contaminen el suelo o agua, evita la generación de impactos a este factor sensible.

**M16** Elaboración de suficientes obras hidráulicas y limpieza de los sitios de construcción de las mismas (obras de drenaje menor, alcantarillas, bordillos, cunetas, lavaderos, etc.)

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> En todas las etapas de la obra donde se realicen estas estructuras.		

**Descripción:** colocar las suficientes obras hidráulicas en el sitio para permitir el libre paso de agua en las superficies donde quedarán obras permanentes, con esto se evitará la erosión hídrica y la formación de posibles deslaves; los cauces que sean desviados deberán reencauzarse a su cauce original.

Así mismo en todos los lugares donde se realicen obras hidráulicas, se llevará a cabo una limpieza del sitio donde se levanten todos los residuos, se dará atención en caso de derrames no detectados y la aplicación de las medidas necesarias para evitar su dispersión.

Se reitera que durante la construcción de estas obras, se evite la obstrucción del paso de agua, es decir se debe evitar azolvar los cauces de los escurrimientos ya sean de tipo temporal o permanente; en particular porque esto puede repercutir en el libre paso de fauna, como se describe en la medida

**M35.**

**M17** Programar la construcción de obras de drenaje en época de estiaje y regresar los escurrimientos a su cauce original

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Etapa de construcción de las obras hidráulicas preferentemente en temporadas donde el tirante sea menor.		

**Descripción:** de ser posible se recomienda programar la construcción de obras hidráulicas y de drenaje que lo requieran (ya sean mayores o menores) en época de estiaje, para que el cauce de agua sea mínimo y las afectaciones ecológicas y costos se reduzcan.

No obstante, de requerirse ejecutar en temporada de lluvias, se deberán llevar a cabo las medidas pertinentes que eviten el arrastre de sedimento hacia el cauce, y en consideración que el sitio es propenso a escurrimientos altos en particular en la temporada de lluvias o de ciclones tropicales; además en caso de desvío temporal de agua, al finalizar la estructura deberá regresarse a su cauce original.

**M18 Consideraciones en la construcción de Obras Especiales con cimentaciones centrales (Puentes y Viaductos)**

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Durante la construcción de las obras hidráulicas de drenaje mayor que tienen cimentaciones centrales y presenten escurrimientos.

**Descripción:** se recomienda programar la construcción de las cimentaciones centrales de los puentes y viaductos en época de estiaje, sobre todo en los puentes 34 y 54 (ver Capítulo II, Apartado 2.2.4.6), que se construirán sobre escurrimientos perennes, para que el cauce de agua sea mínimo y las afectaciones por arrastre de sedimentos se reduzcan.

Estructura	Ubicación	No. de cimentaciones	Tipo de escurrimiento	Ubicación del cauce
Puente 1	97+622	4	Intermitente 1o	entre cimentación 3 y 4, más cerca de la 3
Puente 5	102+210	5	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 6	103+246	4	Intermitente 2o	entre cimentación 2 y 3
Puente 7	103+925	4	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3, más cerca de pila 3
Puente 8	105+574	4	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3, más cerca de pila 3
Puente 11	109+709	6	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 12	110+239	4	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 14	111+546	6	Intermitente 1o	entre cimentación 4 y 5, el cauce lo afecta la construcción de la pila 4
Puente 15	111+945	5	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 18	120+650	5	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 20	124+306	6	Intermitente 1o	entre cimentación 3 y 4
Puente 54 "Acatlancito"	125+660	6	Río Acatlancito Perenne 4o	entre cimentación 3 y 4, alcanza la cimentación de las 2 zapatas
Puente 28	133+300	3	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 29	134+080	4	Intermitente 2o	entre cimentación 2 y 3
Puente 30	134+760	3	Intermitente 2o	entre cimentación 2 y 3
Puente 33	136+420	3	Intermitente 1o	entre cimentación 2 y 3
Puente 34	138+170	6	Río Aguas Calientes Perenne 5o	entre cimentación 3 y 4, alcanza la cimentación de las 2 zapatas
Puente 39	142+380	3	Intermitente 1o	La pila 2 está justo en el centro de la cañada
Puente 40	142+840	3	Intermitente 1o	Entre caballete 1 y pila 2, muy cerca de pila 2

Estructura	Ubicación	No. de cimentaciones	Tipo de escurrimiento	Ubicación del cauce
Puente 41	143+200	3	Intermitente 2o	entre cimentación 2 y 3, muy cerca de pila 2
Puente 44	545+340	6	Intermitente 1o	entre cimentación 3 y 4, cerca de pila 3/ entre cimentación 5 y 6, cerca de pila 5
Puente 45	545+820	4	Intermitente 2o	entre cimentación 2 y 3
Puente 48	152+060	3	Arroyo El Ciruelo Intermitente 4o	entre cimentación 2 y 3, cerca de pila 2
Puente 51	158+650	3	Intermitente 1o	entre cimentación 1 y 2
Puente 53 "Aguas Calientes"	161+200	5	Arroyo Aguas Calientes Intermitente 4o	entre cimentación 3 y 4, alcanza la cimentación de las 2 zapatas
Viaducto 1 "El Magueyal"	77+807	6	Río El Zacatal Intermitente 4o	entre cimentación 3 y 4
Viaducto 2 "El Ocotál"	80+850	6	Arroyo Obispo Intermitente 3o	entre cimentación 3 y 4
Viaducto 3 "Loma Larga"	87+377	4	Arroyo Metatal Intermitente 2o	entre cimentación 3 y 4
Viaducto 4 "Tepuxtepec I"	87+763	7	Intermitente 2o	entre cimentación 4 y 5

Si las estructuras se realizan en temporada de lluvias, se deberá tener extrema vigilancia y precaución para el manejo del material y de los residuos que potencialmente pueden afectar la calidad del agua de los escurrimientos, Arroyos y Río, y por consecuencia a la fauna que es la base de la cadena alimenticia de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como la nutria.

#### M19 Medidas al realizar Obras especiales (Puentes y Viaductos) y obras de drenaje menor

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>CM</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Etapa de construcción de dichas estructuras.			

**Descripción:** si bien los puentes y viaductos una vez construidos, constituyen ventajas en términos de conectividad de hábitats de fauna por lo que la estructura como tal forma una importante medida para reducir los efectos de barrera que ocasionan las carreteras, su construcción conlleva efectos ambientales desfavorables.

Destaca el que la inclusión de puentes y viaductos en el proyecto, en sustitución a terraplenes en varias cañadas, asegura una mayor conservación del ambiente y facilitará el desplazamiento de fauna particularmente de jaguares y otros mamíferos medianos, una vez que la carretera entre en operación. No obstante se debe tener en cuenta que existen varios factores afectados durante su construcción, como al colocar los cimientos de los pilotes (daños temporales), *donde implica abrir*

*caminos por las laderas de la cañada para llegar a la base del puente, y en algunos casos se desciende hasta el lecho del río o arroyo, ocasionando importante desmonte de vegetación y arrastre de sedimento.*

Para mitigar los impactos ocasionados por estas actividades se deben realizar supervisiones y diversas medidas de buenas prácticas de construcción para estas estructuras como las que se citan a continuación:

- Durante la colocación de la cimentación de los puentes, si se requiere la interrupción temporal del cauce natural del agua, este deberá regresarse a su cauce original al terminar la estructura siempre con previa limpieza del río.
- Limpieza del sitio (de todo tipo de residuos). Durante la construcción de estas estructuras el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos tienen una afectación directa hacia el agua y suelo, por lo que el personal deberá tener estricto cuidado para evitar derrames y acumulación de materiales de ninguna índole, es decir se debe evitar cualquier tipo de derrame o tiro de desperdicio ya sea de tipo peligroso o no peligroso, líquido o sólido al cauce del Río Tehuantepec.
- Deberá existir protección de la erosión y caída de material hacia la vegetación y agua del río. Para este punto se deben considerar en campo durante la construcción, los sitios donde se presente erosión hídrica extrema, muy alta, alta y moderada, y en estos colocar barreras de retención de sedimentos que impidan el que este llegue al río.
- No se permitirá la construcción de campamentos cerca del río.
- El uso de los caminos que en su caso se abran para la realización de estas estructuras, debe ser temporal y su funcionamiento deberá acotarse al término de la construcción de las estructuras y deberán restaurarse. Esta medida será aplicación a largo plazo, para ver resultados de una restauración se estima un mínimo de 5 años.
- Durante la elaboración de las obras especiales (puentes y viaductos) tener precaución de no tirar nada material de desperdicio al Río.

Para los caminos de acceso requeridos para colocar los pilotes y estribos, se deberán llevar a cabo las siguientes medidas:

- M2 Control de generación de polvos y emisiones de humos
- M3 Control de la emisión de ruido
- M5 Manejo y disposición adecuada de residuos
- M6c Preceptos para realización de Caminos de Acceso
- M7 Almacenamiento de capa orgánica de suelo
- M11 Aplicación de técnicas de captura de sedimentos
- M13 Evitar almacenamiento temporal de residuos cerca de cauces de agua
- M15 Reducir el paso de maquinaria por cauces de agua
- M24 Instalación de sanitarios portátiles

También será necesario realizar actividades enfocadas a la rehabilitación de los sitios afectados con la construcción de los puentes y viaductos, para esto se considera:

- Llevar a cabo Acciones de Restauración y Reforestación (M30)
- Rehabilitar los sitios de construcción de obras especiales (M38), con un previo acondicionamiento para que el sitio tenga las características necesarias que le permitan reincorporar vegetación en estos sitios y pueda desarrollarse

Debe existir una supervisión ambiental estricta que evite daños en las actividades que implica la realización de estas estructuras, para que en dado caso de accidente ambiental o laboral, se recurra a los planes de acción. Se debe recordar que cuando los cortes en las laderas de cañadas para la construcción de puentes están mal planificados y su inclinación es demasiado pronunciada, pueden presentarse movimientos en masa que pueden sepultar la vegetación circundante destruyéndola, así como obstruir la escorrentía en la base del puente, por lo tanto la medida de mitigación más fuerte en la construcción de los puentes (y en general de la obra), es el **correcto procedimiento constructivo que se lleve a cabo por la(s) constructora(s)** la cual debe incluir no sólo un enfoque ecológico, sino una visión de estrategia civil que evite las fracturas de suelo, un enfoque de prevención de impactos y acciones ante desastres.

#### M20 Consideraciones en la elaboración de Túneles

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Etapa de construcción de dichas estructuras.	

**Descripción:** Como ya se mencionó en el *Capítulo II apartado II.2.4.7* y en la medida M5b2 de este *Capítulo VI*, se realizará la construcción de 3 túneles ubicados en el km 101+903 - 102+050, 141+949 - 142+059 y 544+177 - 544+379. Para estos, algunas de las actividades de prevención y mitigación requeridas son las siguientes:

- Contar con el equipo adecuado para protección y seguridad del personal, así mismo los sistemas de seguridad deberán ser implementados de manera previa a la realización de dicha estructura.
- En todo el proceso se debe tener en cuenta lo indicado en la Norma N LEG 3 Ejecución de Obras así como la Norma N CTR CAR 1 05 001/00 relativa a la excavación de Túneles con Explosivos. Para el transporte, almacenamiento y vigilancia de los explosivos, se debe considerar lo indicado en el Inciso D.4.23 de la citada norma.
- Los residuos producto de la excavación se deberán llevar en vehículos con cajas cerradas hasta el banco de tiro lo más pronto posible.

El procedimiento de construcción de los túneles (*Capítulo II apartado II.2.4.7.2*) incluye, barrenación, detonación, retiro de material, transportación del material, clasificación granulométrica para definir



destino como aprovechable o de desperdicio, colocación de material en el banco de desperdicio, extender y acomodar el material en el banco de desperdicio con ayuda de un tractor sobre orugas tipo CAT D6 o similar para extender y acomodar el material, esto para consolidar el suelo y evitar desprendimientos, deslizamientos o arrastre de material en particular en temporada de lluvias. Ante estas actividades destacan las siguientes acciones:

#### **Retiro de material producto del evento de voladura**

Uno de los puntos más importantes será el *acarreo de material a las zonas autorizadas*, para evitar su deslizamiento al río Tehuantepec. Es por esto que cuando el material producto de la voladura este en la parte inferior, por medio de una excavadora, se realizara la carga a los camiones tipo volteo para ser retirado y depositado en los bancos de desperdicio asignados. Una vez retirado el material producto del evento de voladura y amacice el talud obtenido del primer banqueo, se continuara con los trabajos de tratamiento de la excavación. Contando con el tratamiento de la excavación de acuerdo a las especificaciones de proyecto y normas de la SCT, se proseguirá con los baqueos siguientes de la forma descrita hasta llegar a la elevación marcada definitiva del nivel de vialidad.

#### **Medidas de prevención para evitar deslaves**

En el entendido de que un “deslave” es el deslizamiento lento o progresivo de una gran cantidad de tierra, lodo y piedras de las faldas o laderas de un cerro, arrasando y sepultando todo lo que se encuentra en su camino. Los deslizamientos de tierra también pueden producirse en zonas estables debido a otras actividades humanas tales como modificación del drenaje natural, excavación impropia o escalonamiento de las pendientes.

-Las primeras medidas preventivas que se sugieren son de ingeniería y están sustentadas en los resultados de los estudios geológicos y geofísicos de los sitios de construcción de los túneles. Es recomendable que: Los taludes frontales y laterales de los portales de entrada y salida de los túneles, sean diseñados con el objeto de reducir la posibilidad de que se desprendan bloques de roca. Implementar un sistema de anclaje para asegurar la estabilidad del corte y de subdrenaje para ayudar a evitar que se produzca presión hidrostática sobre estos bloques.

De los estudios de geotecnia se determinó que en los sitios de los túneles la topografía es regular y el drenaje fluvial está controlado por los sistemas de fracturamiento que afectan los macizos rocosos. No se encontró ningún depósito que pudiera sugerir que las laderas donde se localizarán las entradas y salidas de los túneles puedan presentar problemas de estabilidad. Los sitios donde se construirán los túneles presentan una clasificación de calidad de roca media con un fracturamiento pronunciado, principalmente por discontinuidades. Debido a la poca cobertura de roca que tendrán los túneles no se cortará la superficie del nivel freático durante la excavación. No se observaron manantiales cercanos a los sitios de los túneles, por lo que se considera que no habrá flujo de agua hacia estos, excepto la que llegue a infiltrarse desde la superficie del terreno durante la época de lluvias.

-La segunda fase de prevención recomendada estará enfocada en acciones de revisión previa al inicio de construcción y de vigilancia continua (diaria) durante el tiempo que duren las excavaciones de los túneles; donde el objetivo será revisar si existe algún riesgo de susceptibilidad de los sitios de los túneles a las fallas de pendientes.

Características que pueden indicar un deslizamiento:

- Filtraciones y suelos húmedos o saturados en las zonas anteriormente secas o debajo de laderas
- Grietas en la tierra o la roca o en la cima de las laderas
- Protuberancias poco usuales o cambios de elevación del suelo
- Inclinación de árboles o muros de contención
- Rápido aumento o disminución de los niveles de agua corriente, posiblemente acompañado de aumento de la turbidez (la tierra enturbia el agua)
- Chirridos o chasquidos de arboledas (por ejemplo, las raíces se rompen o se quiebran)
- Caminos o veredas hundidos o sumidos

-Otra medida preventiva sugerida es la restricción del desmonte a los portales de entrada y salida de los túneles, debido a que la existencia de vegetación reduce el riesgo de deslave y es muy común que en las zonas que han sido deforestadas se tengan muchos problemas de inestabilidad. Por lo tanto, en los sitios de los túneles que se encuentren sin vegetación o presenten claros sin árboles, **se recomienda aplicar técnicas de protección de suelos y revegetación con especies nativas de bosque de encino-pino de manera previa al inicio de construcción de los túneles.**

De los 3 túneles propuestos, únicamente el túnel 1 (km 101+903 – km 102+050) presenta condiciones de degradación por actividades antropogénicas (terrenos agrícolas, brechas y caminos de terracería), que han ocasionado el desmonte de la vegetación nativa de bosque de encino-pino y han dejado el ecosistema fragmentado, lo cual, incrementa el riesgo de inestabilidad de laderas en pendientes pronunciadas que pudiera ocasionar un deslave durante la construcción del túnel. Por lo tanto, en específico en este túnel se recomienda realizar la reforestación de la cima (parte superior del túnel), así como de las laderas circundantes.

*-M20a.- Métodos de estabilización de laderas mediante empleo de materiales vivos.*

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Etapa de construcción de dichas estructuras.	

Además de la reforestación de la cima y de las laderas del túnel, se deberá aplicar alguna técnica de estabilización de laderas. Los métodos de estabilización de suelos deben emplearse cuando existe la amenaza de que se desarrollen en el terreno fuerzas mecánicas peligrosas de tracción o compresión. En tales casos, se necesita inmediatamente una estabilización a fondo del suelo. El efecto de los

métodos que se describen a continuación depende de la profundidad de excavación del material, y de la distancia entre las diversas construcciones. La eficacia comienza con el desarrollo de las raíces, seguido por el aumento del crecimiento de las plantas, y se intensifica después proporcionalmente con el desarrollo de raíces y brotes.

Las construcciones de estabilización consisten en sistemas puntuales o lineales. Por ello, lo normal es complementarlas con una protección superficial que cubra una superficie mayor.

### **A.1 Empalizadas trenzadas**

#### **Procedimiento**

Se clavan en el terreno estacas de madera de 3 a 10 cm de diámetro y de 100 cm de longitud, o estacas de acero de longitud similar, a una distancia aproximada de 100 cm. Entre ellas se colocan otras estacas más cortas o estaquillas, clavadas en el terreno a intervalos de unos 30 cm aproximadamente.

Acto seguido, las estacas se entrelazan y enrollan con ramas vivas, largas y flexibles, de una especie conocida por su fácil enraizamiento a partir de trozos de rama (por ej. *Salix*). Cada rama viva debe apretarse hacia abajo después de haberla entrelazado con las estacas. Normalmente deben colocarse, una sobre otra, de tres a siete pares de ramas. En vez de ramas, pueden emplearse también alfombras prefabricadas de ramas entrelazadas para sujetarlas a las estacas.

Las estacas no deben sobresalir más de 5 cm del dispositivo de ramas (alfombras), y por lo menos dos tercios de su longitud total deben estar dentro del suelo (Imagen VI.17).

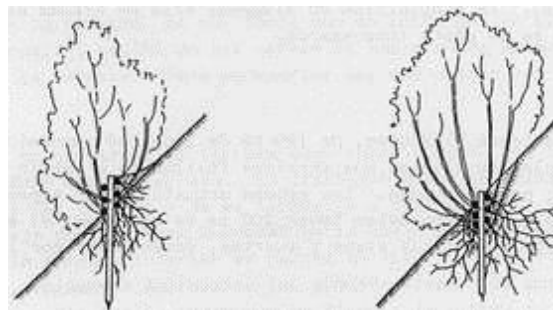


Imagen VI.17 Construcción de empalizadas trenzadas. A la izquierda, sobresaliendo del terreno. A la derecha, enrasadas.

La rama del fondo y las partes cortadas de todas las otras ramas deben estar en el suelo de tal modo que puedan enraizar. Las cercas completamente enterradas son mejores que las que sobresalen de la superficie, ya que en este último caso las ramas que están por encima del suelo tienden a secarse, lo que se traduce en una disminución de la estabilidad de la empalizada (Imagen VI.18).

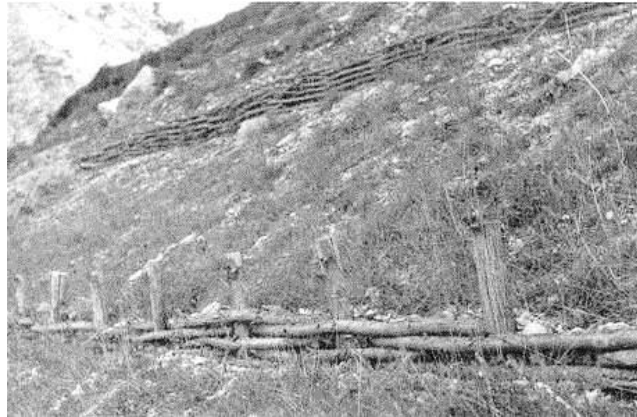


Imagen VI.18 Empalizadas trenzadas combinadas con tela metálica como protección contra la caída de piedras. Las ramas y estacas vivas que sobresalen demasiado por encima del terreno, no enraizaron porque se secaron.

### Colocación de empalizadas trenzadas

Las empalizadas trenzadas deben colocarse en hileras horizontales consecutivas o diagonalmente (Imagen VI.19). La disposición en diagonal sólo es eficaz para retener material suelto; en otro caso es un gasto innecesario.

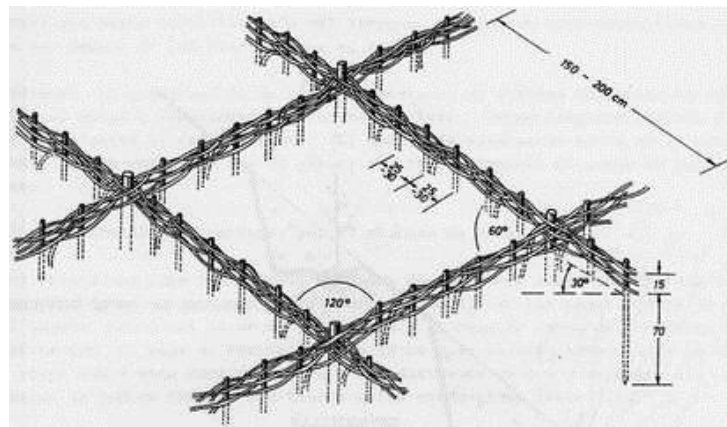


Imagen VI.19 Colocación en diagonal de empalizadas trenzadas.

### Materiales

Deben elegirse ramas flexibles, producto del desmonte de la troncal, de 120 cm de longitud como mínimo, con pocas ramas laterales. Deben emplearse plantas que enraícen fácilmente a partir de estaquillas o empalizadas trenzadas prefabricadas. La especie *Podocarpus matudae*, son especialmente adecuados para éste tipo de técnica y sitio. Las estacas de madera o de acero deben tener 100 cm de longitud; si se emplean estacas vivas o una combinación de estacas vivas y muertas, deben tener por lo menos 100 cm de longitud.

## Época

Durante la estación de reposo (temporada seca).

### **A.2 Construcción de cordones**

#### **Procedimientos**

- 1. Construcción de cordones mediante el sistema de Couturier (1880)

En primer lugar, se prepara una pequeña terraza horizontal cerca del pie de la ladera. El suelo que se extrajo para construir la primera terraza se vuelca al pie de la ladera.

Si el fondo de la terraza excavada consiste en material muy duro y compacto, que no pueden penetrar las raíces, debe mullirse. Seguidamente, se colocan las plantas elegidas sobre la superficie de la terraza, de tal forma que se mantengan en pie completamente derechas. De esta forma, el centro de las raíces de las plantas estará por lo menos 10 cm hacia dentro de la terraza. Para sujetarlas hay que cubrir las plantas con tierra (Imagen VI.20).

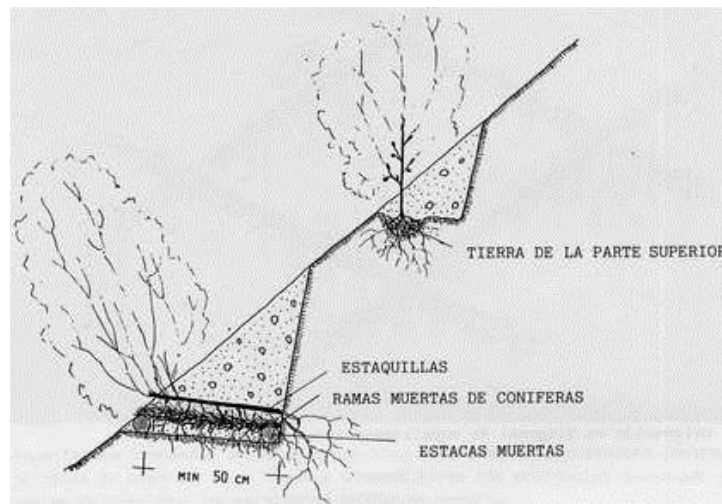


Imagen VI.20 Construcción de cordones. Arriba, método de Couturier. Abajo, método de Praxl, con un lecho de ramas muertas.

A continuación se construye la terraza siguiente. Cuanto más inclinada sea la ladera, más estrecha debe ser la terraza. La distancia entre terrazas sucesivas depende ante todo del material del terreno y de su tendencia a deslizar. El material sobrante en vez de volcarlo, se deja deslizar con suavidad hacia abajo a la terraza inferior. De esta forma las plantas de la terraza inferior se cubren de tierra y la terraza excavada se rellena por completo. Solamente sobresalen las plantas vivas. El proceso se repite seguidamente avanzando hacia arriba hasta que se llega a la cumbre de la ladera.

Cuando se termine el trabajo, el perfil de la ladera se habrá modificado ligeramente, excepto en la parte superior, que quedará ligeramente redondeada debido al material que se extrajo para cubrir la primera terraza. Esto mejora todavía más la calidad del trabajo de restauración, porque el redondeo protege a las plantas de nuevos deslizamientos de tierra y piedras.

Para una mayor estabilización del terreno, se plantan unas estaquillas más grandes de *Podocarpus matudae* por debajo de las plantaciones en cordón.

La construcción de cordones mediante el sistema Couturier es realmente una plantación de setos o repoblación en curvas de nivel. Deben elegirse plantas pioneras que sean muy resistentes al recubrimiento. El empleo de estacas en la construcción de cordones es una variación que se emplea muy frecuentemente en zonas de pendiente peligrosas.

- 2. Construcción de cordones por el sistema de Praxl (1954)

Se coloca una capa transversal de ramas de coníferas sobre una terraza de Couturier; para estabilidad, se colocan horizontalmente por debajo de las ramas postes de algún material muerto, cerca del borde de la terraza. La capa de ramas de coníferas se cubre seguidamente con una capa de tierra de unos 10 cm y se colocan estaquillas de *Podocarpus matudae* unas junto a otras sobre esta capa de tierra a una distancia de 2 a 3 cm entre sí. A continuación se cubren también con tierra estas estaquillas (Imagen VI.21).



Imagen VI.21 Método de Praxl para la construcción de cordones utilizando una capa de ramas y estacas muertas de coníferas.

**Materiales:** para el método de Couturier se necesitan tres brinzales con raíces de árboles o arbustos por cada metro de longitud de cordón, además de 2 a 5 estaquillas que deben tener por lo menos 10 cm más de longitud que la anchura de la terraza. Para cada terraza se necesitan de 10 a 25 estaquillas con una longitud mínima de 60 cm, suponiendo una anchura mínima de terraza de 50 cm.



**Disposición:** los cordones deben disponerse en hileras horizontales y paralelas a una distancia aproximada de 3 m entre hileras.

**Época:** durante la estación de reposo (temporada seca).

**Eficacia ecológica y técnica:** el método de Couturier mejora el microclima porque retiene el agua, y también tiene un efecto nivelador de los terrenos de plantación.

El método de Praxl proporciona una excelente estabilización de zonas adecuadas de las laderas mediante el importante refuerzo de las ramas. La buena penetración de las raíces en el terreno depende de haber mullido adecuadamente el suelo durante la construcción.

### ***A.3 Empalizadas trenzadas de vegetación o fajinas de ladera***

#### **Procedimiento**

Se tienden fajinas de plantas leñosas vivas en zanjas con una anchura y profundidad de 30 a 50 cm. Cada fajina debe constar por lo menos de cinco ramas con un diámetro mínimo de 1 cm. En comparación con las fajinas mucho más pesadas que se suelen emplear para construcción en cursos de agua, con este método se puede ahorrar bastante material. Además, las ramas introducidas enraizan más fácilmente porque están en contacto con el suelo y no están todavía demasiado profundas en el terreno. Otra ventaja es que las fajinas de ladera no es preciso atarlas tan fuertemente como las empleadas en construcciones hidráulicas. Sólo hay que atar las fajinas a intervalos de 50 cm, mientras que en la construcción hidráulica, las ataduras no deben estar a más de 30 cm de distancia. Las fajinas de ladera se fijan con estacas vivas o muertas de 60 cm de longitud como mínimo, colocadas a intervalos de 80 cm. Las estacas deben clavarse en la ladera verticalmente y con profundidad suficiente para quedar enrasadas con la parte superior de la fajina. Mientras en otro tiempo las estacas se clavaban en el terreno después de las fajinas, no se clavan ahora en ellas, evitando así la molestia de sujetarlas con alambre. Las estacas de acero son mejores que las de madera debido a su menor diámetro con resistencia equivalente. Inmediatamente después de la plantación, se vuelven a cubrir las zanjas con tierra de tal modo que sólo una pequeña parte de las ramas sobresale del terreno. Es conveniente construir las fajinas de ladera comenzando desde la parte superior de ésta (Imagen VI.22, escalones 1 a 5).

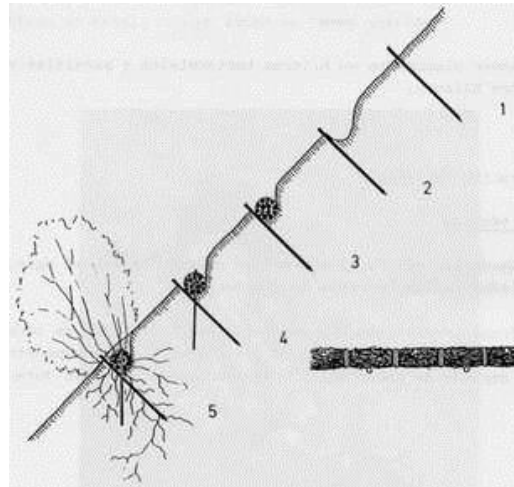


Imagen VI.22 Construcción de empalizadas con fajinas de vegetación.

**Disposición:** la disposición de las fajinas de ladera debe ser horizontal o ligeramente inclinada con respecto a la línea horizontal (Imagen VI.23).



Imagen VI.23 Construcción de empalizadas con fajinas de vegetación, de dos años, utilizando sauces.

**Materiales:** se emplean fajinas de ramas largas y rectas procedentes de plantas leñosas vivas. Cada fajina debe contener por lo menos cinco ramas con un diámetro mínimo de 1 cm. Para cada metro de longitud de fajina a construir se necesita por lo menos una estaca viva o muerta de 60 cm de longitud.

**Época:** este tipo de construcción sólo debe realizarse durante la estación de reposo (temporada seca).

#### A.4 Construcción de surcos

##### Procedimiento

Se cavan a lo largo de la ladera surcos (zanjas de 30 a 60 cm de anchura y con la profundidad aproximada de una azada). En su parte delantera, se colocan fajinas delgadas de ramas vivas y se sujetan con estacas igual que en toda construcción de fajinas. Los surcos no se rellenan ni se cubren con la tierra que ha sido excavada, sino con tierra de la capa superior o con compost, o una combinación de ambos (Imagen VI.24).

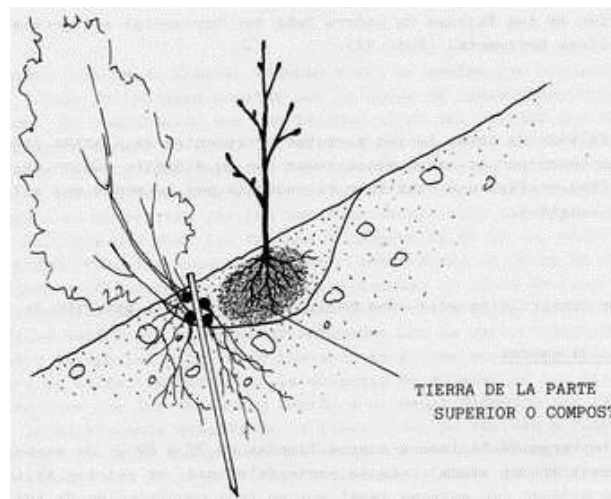


Imagen VI.24 Construcción de surcos

**Disposición:** debido al efecto de encharcamiento de los surcos y al peligro de erosión, la disposición óptima de los surcos es en ángulo de 10 a 30 grados respecto a la línea horizontal; sin embargo, pueden disponerse también en forma de Z o en espiga (Imagen VI.25, Imagen VI.26).

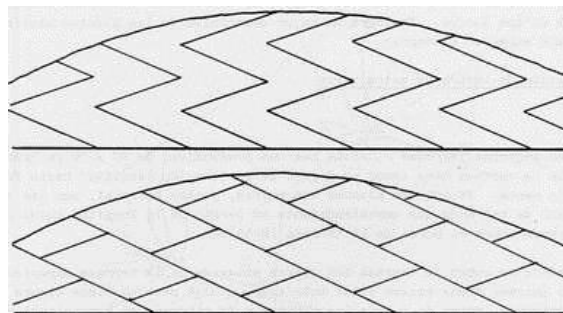


Imagen VI.25 Disposición de la construcción de surcos. Arriba, diseño en Z. Abajo, diseño en diagonal



Imagen VI.26 Construcción de surcos

El ángulo de inclinación del sistema de surcos depende del sustrato y de la precipitación media local. En suelos permeables, el ángulo de inclinación debe ser relativamente pequeño; en suelos margosos y arcillosos, será mejor una pendiente fuerte. Hay que analizar cuidadosamente las condiciones del sitio para determinar si la construcción de surcos es realmente apropiada o si puede ocasionar daños por la penetración del agua. Debido a las necesidades precisas de la disposición de los surcos, y al empleo de tierra de la capa superior, la construcción de surcos es un método singular de construcción, y no simplemente una combinación de fajinas de ladera y plantaciones.

**Materiales:** por cada surco se necesitan fajinas vivas compuestas de 3 a 10 ramas vivas y una o dos plantas vivas con raíces. Se necesita también una estaca y aproximadamente 0,05 metros cúbicos de tierra de la capa superior, por cada metro de longitud.

**Época:** este tipo de construcción sólo debe realizarse durante la estación de reposo (temporada seca).

**Eficacia ecológica y técnica:** si se cortan en ángulo, los surcos actúan como drenaje de la ladera. La penetración de las raíces produce el efecto de consolidación y estabilización del suelo cuando se emplean fajinas en los surcos. Se logra un mejor desarrollo de las plantas utilizando tierra de la capa superior o compost.

### A.5 Construcción de lechos de setos vivos

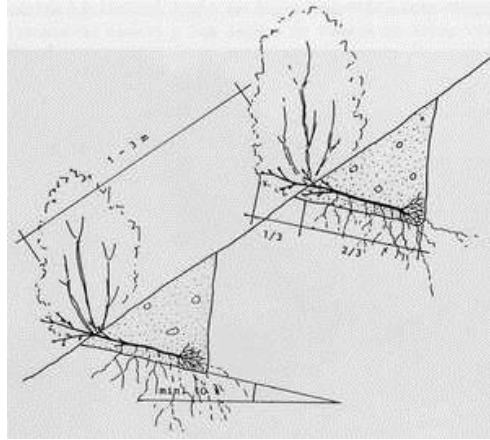


Imagen VI.27 Construcción de lechos de setos vivos.

#### Procedimiento

Se forman pequeñas terrazas o bermas con una profundidad de 50 a 70 cm como mínimo. La plataforma de la terraza debe tener un ángulo de inclinación (declive) hacia fuera de 10 grados por lo menos. Se colocan plantas con raíces, juntas entre sí, con las raíces hacia el interior de tal modo que aproximadamente un tercio de la longitud total de la planta se extienda sobre el borde de la terraza. Para setos vivos se recomienda *Podocarpus matudae*, *Buddleja cordata* y *Erythrina coralloides*.

Seguidamente se cubre la terraza con tierra excavada de la terraza superior. En zonas en que el terreno tiene escaso valor nutritivo, o está seco, o tiene alguna otra deficiencia intrínseca, antes de cubrir las plantas y la terraza, es conveniente a veces poner sobre las plantas una capa delgada de tierra de la capa superior del suelo o paja a fin de mejorar las condiciones de desarrollo.

**Disposición:** como norma, los lechos de setos vivos deben disponerse en hileras horizontales a distancias de 1 a 3 m. Las hileras pueden tener un pequeño ángulo pero no superior a 30 grados; en caso contrario la construcción resulta demasiado cara.

**Materiales:** se necesitan plantas leñosas con raíces, resistentes a la caída de piedras y al recubrimiento con tierra y que sean capaces de producir sistemas de raíces adventicias. Si es posible, deben emplearse transplantes de dos a cuatro años de edad y variedades de crecimiento muy rápido de brinzales de dos años. La proporción de raíces y brotes es muy importante; mientras más fuertes sean las raíces, mejor se desarrollarán las plantas. Dependiendo de la especie, se necesitarán aproximadamente de 5 a 20 plantas por metro de longitud.

Se deben combinar los distintos materiales vegetales de acuerdo con sus propias características de modo que se puedan complementar entre sí.

**Época:** los lechos de setos vivos deben construirse durante la estación de reposo vegetativo.

**Eficacia ecológica y técnica:** la estabilización básica del suelo se logra inmediatamente después de la construcción. Los lechos de ramaje y los lechos de ramaje de setos vivos son más eficaces a largo plazo que la simple plantación de setos vivos, porque se producen raíces a lo largo de todo el tallo que queda cubierto.

Dependiendo de las plantas empleadas, se logran diversos resultados en cuanto a penetración en el suelo, mejora y activación del suelo y tipo de sombra. Las especies con hojas que se secan rápidamente y las que desarrollan nódulos fijadores de nitrógeno tienen una alta eficacia ecológica.

### **A.6 Construcción de lechos de ramaje**

#### **Procedimiento**

Comenzando por el pie de la ladera, se cavan terrazas de 15 a 100 cm de anchura, ya sea a mano o con maquinaria. La plataforma de la terraza debe tener una inclinación del 10 por ciento como mínimo hacia el exterior, de modo que las ramas puedan enraizar en toda su longitud (Imagen VI.28).

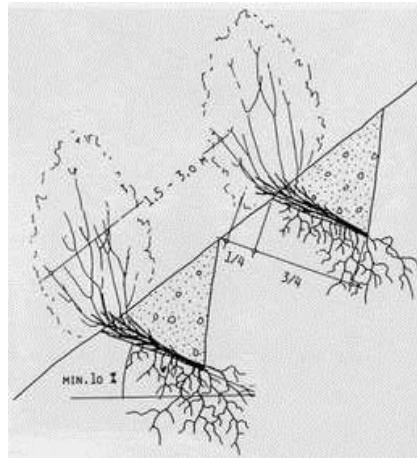


Imagen VI.28 Construcción de lechos de ramaje.

Las ramas deben tener por lo menos un metro de longitud y no deben sobresalir del borde de la terraza más de un quinto o un cuarto de su longitud total. Las ramas se colocan cruzadas y no paralelas entre sí, de tal modo que todas ellas queden cubiertas de suelo lo máximo posible. La colocación de las ramas de forma cruzada en las terrazas permite también el empleo de ramas más largas. Es muy importante no sólo mezclar ramas de distintas especies, sino también emplear ramas de distinta edad y diámetro. Esto permite que las raíces penetren en el suelo a mayor profundidad y que se desarrolle una mayor variedad de crecimientos por encima del terreno.



En laderas con suelos adherentes, se pueden cavar zanjas o bermas más profundas y estrechas sin el riesgo de que falle la ladera. Sin embargo, siempre que existe el riesgo de que falle la ladera, las zanjas sólo se deben cavar en pequeños tramos. El empleo de zanjas cortas puede ser también considerablemente más económico, ya que las zanjas pueden excavarse normalmente de forma mecánica. Aparte de reducir el peligro de un fallo ulterior de la ladera, la construcción de terrazas muy cortas y la colocación inmediata de ramas evita también la desecación del suelo.

La construcción de lechos de ramaje comienza desde la parte baja de la ladera y avanza hacia arriba. La zanja inferior se rellena con el material sobrante de la zanja situada encima. Una vez que se han completado varios lechos de ramaje, comienza automáticamente una clasificación conveniente del material, a medida que la tierra rueda por la ladera. Las piedras ruedan hasta el fondo, mientras que los materiales más pequeños y finos quedan retenidos por los lechos de ramaje, lo que se traduce en la mejoría del suelo y la retención de la humedad.

En zonas secas es mejor comprimir el material contra las ramas para asegurarse de que cada una de las ramas está completamente encajada y cubierta de tierra, lo que favorece la formación de raíces. El resto de la zanja se rellenará con el material que rueda por la ladera, procedente de la excavación de la zanja que está encima.

En laderas de pendiente moderada puede ser factible establecer las terrazas utilizando una pequeña máquina equipada con un arado reversible; en laderas inclinadas pueden emplearse arados reversibles tirados por cabrestantes.

Disposición: en desmontes y laderas inestables, se suelen colocar los lechos de ramaje horizontalmente o con un pequeño ángulo (Imagen VI.29). En laderas junto a carreteras y en desmontes con material muy húmedo, los lechos de ramas deben construirse con un ángulo de 15 a 90 grados, favoreciendo así un mejor drenaje del agua de las laderas (Imagen VI.30). La distancia entre los distintos lechos depende del ángulo de la ladera y de la estabilidad del material del terreno. Sin embargo, debe ser menor de 150 cm para reducir la posibilidad de derrumbe de la ladera.



Imagen VI.29 Construcción de lechos horizontales de ramaje para la estabilización de laderas de torrentes.



Imagen VI.30 Protección de un talud muy húmedo de una carretera mediante lechos de ramaje inclinados.

Los lechos de ramaje se construyen fácilmente en los taludes de los terraplenes. La parte externa del terraplén se construye con una ligera inclinación hacia el borde de la ladera (por lo menos el 10%). Las ramas se colocan en las fajas exteriores de la superficie del terraplén (Imagen VI.31, Imagen VI.32). A continuación se cubren con tierra o relleno del terraplén, y se continúa el proceso de construcción del talud del terraplén (dique) de forma normal, igual que si no existieran lechos de ramas. El trabajo realizado con las ramas es tan duradero que incluso el daño mecánico no les afecta de forma importante. No obstante, es conveniente que los camiones entren marcha atrás, pues de esta forma colocan el material de relleno sobre las ramas. Para terraplenes, se pueden emplear ramas de varios metros de longitud, logrando un sistema radical muy penetrante y un efecto de estabilización sin ningún gasto adicional.

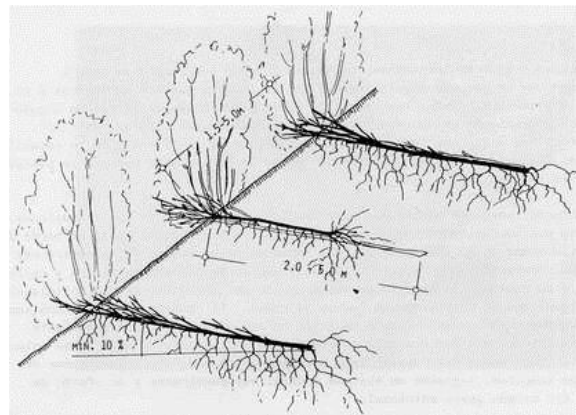


Imagen VI.31 Construcción de lechos de ramaje de setos vivos en taludes de terraplenes.

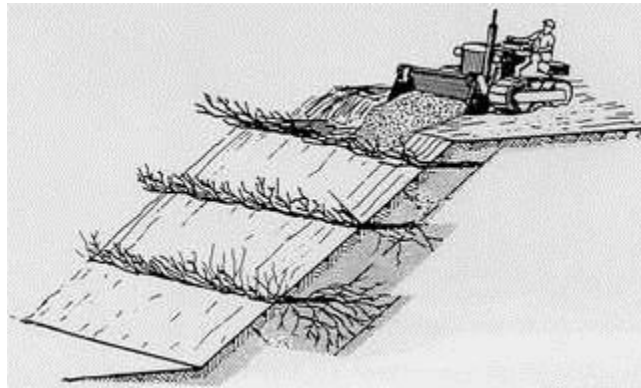


Imagen VI.32 Construcción de lechos de ramaje en taludes de terraplenes.

En los taludes de los terraplenes, los lechos de ramaje deben disponerse horizontalmente y las distancias pueden mantenerse tan próximas como se desee. No es necesario regar ni cubrir el lecho de ramas con tierra de la capa superior del suelo.

Variación: a fin de evitar la formación de surcos de erosión y para mejorar la estabilidad, pueden colocarse en el tercio exterior de la terraza, por debajo del lecho de ramas, hojas de fibra sintética, tiras de cartón alquitranado o de material en hojas, planchas u hojas de plástico (Imagen VI.33, Imagen VI.34).

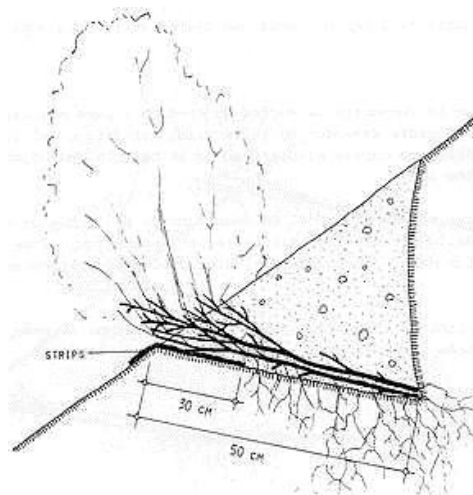


Imagen VI.33 Construcción de lechos de ramaje con fajas longitudinales.

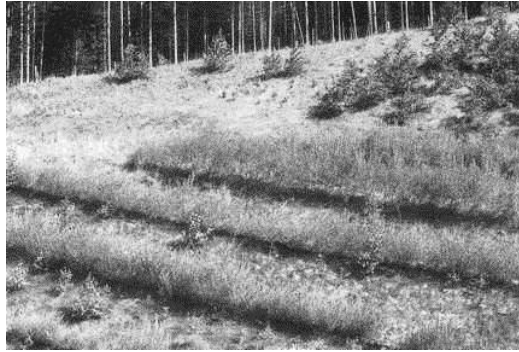


Imagen VI.34 Construcción de lechos de ramaje en fajas longitudinales.

En contraste con el método normal de construcción de lechos de ramas, los lechos de este tipo con fajas longitudinales adicionales en laderas muy altas deben construirse desde la parte superior de la ladera hasta el pie, debido al peligro de las piedras que caen.

En la construcción de lechos de setos vivos o de lechos de ramaje de setos vivos pueden emplearse también tiras longitudinales.

***Disposición:*** la construcción se debe disponer horizontalmente.

***Materiales:*** deben emplearse ramas de plantas leñosas vivas, en número no inferior a unas 20 unidades por metro longitudinal, incluyendo aquéllas que tengan todas las ramas laterales intactas.

***Época:*** el material se debe colocar durante la estación de reposo (temporada seca).

### ***A.7 Construcción de lechos de ramaje de setos vivos***

#### **Procedimiento**

Se colocan plantas fuertes con raíces, a distancias de 50 a 100 cm entre el lecho de ramas, de la misma forma en que se colocaron éstas.

Este método es idéntico al de construcción de lechos de ramaje con la excepción de que se utilizan también plantas con raíces. Estas se cubren con tierra hasta tres cuartas partes de su longitud total, en la zanja o berma de plantación. Se desarrollan entonces raíces adventicias a lo largo de toda la longitud cubierta del tallo. Al igual que en la construcción de lechos de ramaje, no es necesario ni el riego ni la utilización de suelo de la capa superior. Sin embargo, con ellos pueden obtenerse con frecuencia mejores resultados. El lecho de ramaje de seto vivo estabiliza los desmontes y terraplenes y puede emplearse para construcciones de presas y diques, de la misma forma que el sistema de lechos de ramaje (Imagen VI.35). También se puede combinar con un lecho de ramaje en fajas longitudinales de material muerto.



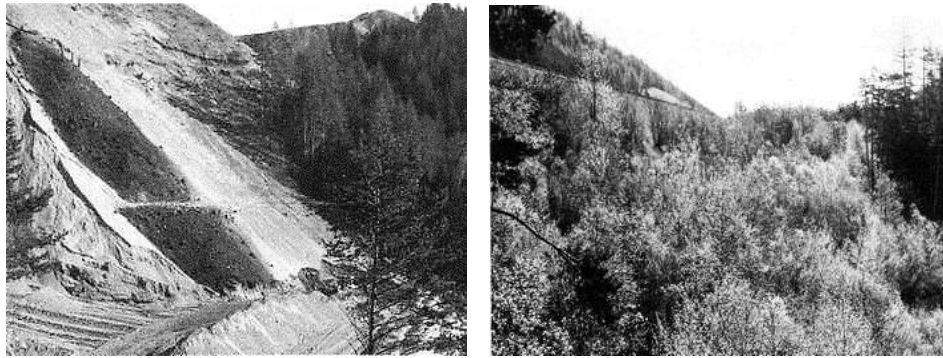


Imagen VI.35 Terraplén estabilizado con lechos de ramaje de setos vivos. Arriba, durante la construcción. Abajo, después de 20 años.

**Materiales:** deben emplearse, por lo menos, 10 ramas de plantas leñosas vivas con todas sus ramas laterales, por metro longitudinal de lecho de ramaje de seto vivo. Además, se emplean una o dos plantas sanas con raíces; son preferibles los brinzales de varios años, pero también son apropiados los brinzales de dos años de especies de crecimiento rápido. Deben elegirse únicamente plantas pioneras resistentes al recubrimiento y capaces de desarrollar raíces adventicias.

**Época:** el material debe colocarse durante la estación de reposo (temporada seca).

#### ***A.8 Colocación de estaquillas, incluyendo la plantación de juntas de muros***

##### **Procedimiento**

- 1. Plantación de estaquillas en el suelo

Se hace un agujero en el terreno con una barra grande o con un pico y se coloca una estaquilla dentro en el momento de extraer la barra. Debe apretarse la tierra que rodea a la estaquilla para asegurarse de que quede firmemente colocada. Puede emplearse un martillo para introducir las estaquillas en el terreno; en este caso, el extremo inferior de las estaquillas debe cortarse en ángulo para facilitar la penetración. No debe haber por encima del terreno más de una cuarta parte de la longitud total de la estaquilla y, de no ser así, habrá mucho más peligro de desecación.

- 2. Plantaciones de juntas

Se hincan estaquillas en las juntas de muros de piedra y de montones de piedra sin mortero. Deben ser suficientemente largas para penetrar en el terreno existente detrás de los muros de piedra (Imagen VI.36). Para esta operación, puede emplearse una barra larga o un pico. Después de haber plantado las juntas, es conveniente llenarlas con arena seca, o mejor todavía, introducir material fino húmedo. No es necesario emplear tierra de la capa superior del suelo.

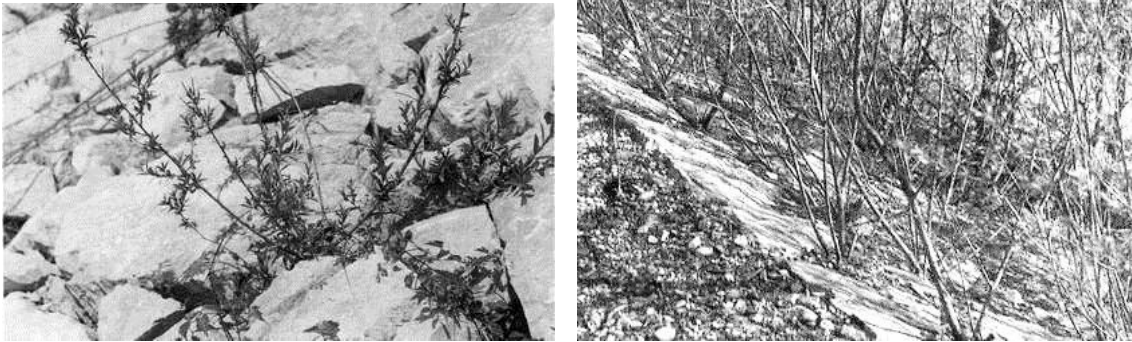


Imagen VI.36 Plantaciones de juntas con estaquillas de sauce. Arriba, después de dos años.  
Abajo, después de nueve años.

**Colocación de las estaquillas:** las estaquillas deben colocarse de forma irregular; en ninguna circunstancia deben ponerse alineadas, porque su apariencia sería demasiado artificial. Deben colocarse por lo menos dos estaquillas por metro cuadrado; en áreas sujetas a una presión considerable (por ej. montañas donde son frecuentes los aludes, o en márgenes de ríos o barrancos con fuerte movimiento de arrastre) deben emplearse cinco estaquillas por metro cuadrado. El número de estaquillas necesarias depende del tamaño de las piedras del zampeado (cuanto menores son las piedras, más densamente hay que colocar las estaquillas). En lugares secos las estaquillas crecerán mejor en las juntas del sistema del pedraplén, donde se retiene humedad, que en un suelo sin protección. Con esta técnica hay que esperar una pérdida de plantas del 30 al 50 por ciento, y por tanto se debe tener el material vegetal que permita hacer os recambios de plantas correspondientes.

**Material:** deben emplearse estaquillas sanas, de uno a dos años (sin ramas), de 2 a 4 cm de diámetro, y con una longitud mínima de 40 cm. Si hay poca agua o su retención es mala, la longitud de las estaquillas debe aumentarse hasta 60 cm.

**Época:** las estaquillas se deben plantar durante la estación de reposo (temporada seca).

**Eficacia ecológica y técnica:** la estabilización del suelo y el drenaje (mediante absorción del agua por las plantas) comienza con la formación de raíces. El pedraplén se fortalecerá con los sistemas radicales; de esta forma, pueden emplearse piedras más pequeñas que las que se utilizarían normalmente sin la plantación de juntas.



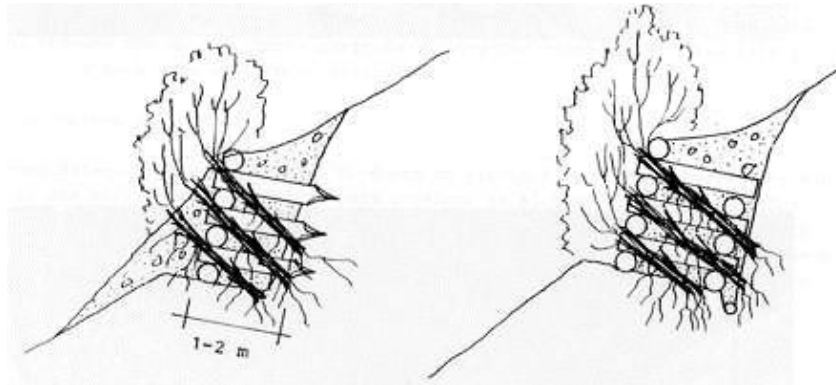


Imagen VI.37 Muros de sostenimiento de madera con lechos de ramas para la estabilización del pie de una ladera.

#### M21 Medidas para Rampas de Frenado

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Etapa de construcción de dichas estructuras.	

**Descripción:** Para el caso de las rampas para frenado de emergencia, rampas de escape o de emergencia, deberá contar con los materiales, diseño, drenaje y subdrenaje apropiados para el sitio, para evitar daños a los laterales del mismo conforme lo dice la norma N-PRY-CAR-10-04-007/13<sup>11</sup> y Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, Rampas de emergencia para frenado en carreteras.

#### M22 Estabilización continua de material en bancos de tiro

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante el uso de los bancos de tiro.	

**Descripción:** durante el uso de los bancos de tiro, para evitar que el material sea arrastrado hacia el Río, se deberá ir estabilizando y compactando el suelo acorde a la conformación del banco (por capas de material), es decir no se deben dejar acumulaciones de tierra durante largos periodos.

En caso de requerirse, se colocarán muros para retener el sedimento y esto se hará conforme se requiera siempre evitando que el sedimento se pierda por acciones de viento o agua o colapse.

- Durante su construcción los residuos se cargarán y transportarán al banco en vehículos con cajas cerradas o protegidas con lonas que impidan la contaminación del entorno o se derramen.

<sup>11</sup> N-PRY-CAR-10-04-007/13 Norma con los criterios generales para el diseño de las rampas para frenado de emergencia (RE), a la que se refiere la Norma N PRY CAR 10 04 001, Ejecución de Proyectos de Dispositivos de Seguridad, en concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, Rampas de emergencia para frenado en carreteras.

- En temporada de lluvias, se deben tener cuidados extremos para evitar arrastre de sedimentos.
- Se debe dar la inclinación correcta al estrato conforme se realiza el banco.

Como ya se mencionó en la medida *M9 Construcción de muros de contención*, estos también deberán realizarse en los bancos que lo requieran para alcanzar su estabilización, en particular en zonas de pendientes altas, cercanas a escurrimientos o al Río Tehuantepec.

### M23 Medidas para Bancos de Préstamo

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante el uso de los bancos de préstamo.	

**Descripción:** como se menciona en el Capítulo II, se considera la explotación de bancos de préstamo de materiales del cauce del río Tehuantepec y de áreas con vegetación forestal de bosque de encino-pino y pino-encino y zonas agrícola.

Para el caso de los bancos ubicados en el lecho del río se deberá realizar:

- Contar con los permisos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y demás autoridades correspondientes.
- En todos los bancos se debe tener la correcta vigilancia y manejo de residuos (M5).
- Se deben llevar a cabo acarreos con camiones que tengan cajas cerradas o con lonas que eviten caídas o pérdidas de material.
- Llevar a cabo una estricta y continua vigilancia sobre el manejo de residuos en el sitio, en particular para evitar derrames de residuos peligrosos o pérdida de material que potencialmente pueden llegar aguas abajo.
- Mantener una vigilancia sobre el volumen, temporada, tiempo y áreas de extracción autorizados.

Durante el uso de estos bancos se dará mantenimiento como es:

- Mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria en sitios para que no contaminen el lecho del río ni su cauce.
- Engrasado, arreglo de desperfectos y demás acciones para los camiones fuera del área del río con estricto control de derrames.
- Mantenimiento preventivo y acciones ante derrames (aguas arriba y abajo).

El sitio deberá rehabilitarse una vez terminado el proceso de extracción de material, con acciones como son:

- Limpieza del sitio.
- Escarificar las zonas de circulación de los vehículos y maquinaria dentro del cauce del río para recuperar la recarga del acuífero.
- Nivelar las zonas de transición entre el banco y el nivel del cauce natural del río o rellenando las depresiones temporales y dejando una pendiente que permita el paso de fauna como la recuperación natural del río tanto al inicio como al final del banco.
- Tener extrema precaución antes de iniciar la temporada de lluvias para evitar inundaciones antes de realizar la rehabilitación del sitio
- Realizar una rehabilitación del sitio con vegetación en los márgenes del río en lugares desprovistos de plantas.
- En caso de haberse requerido el desvío del cauce, este deberá regresarse a recorrido original al terminar la extracción.
- En las zonas contiguas a vegetación, deberá propiciarse a través de la siembra de ejemplares la incorporación de ejemplares de flora nativa en el sitio.

#### VI.2.4 Factor Procesos del medio inerte

##### M24 Instalación de sanitarios portátiles

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante toda la construcción de la carretera.	

**Descripción:** se instalarán sanitarios portátiles en cantidad suficiente para el número de trabajadores, tanto en los frentes de trabajo, como en las zonas de obras provisionales, otorgándoles un mantenimiento periódico, que permita su operatividad y evite fecalisms al aire libre. La disposición de los residuos generados por los sanitarios portátiles deberá realizarse en un sitio autorizado por las autoridades competentes, donde se evite la contaminación de cuerpos de agua (en particular del Río Tehuantepec) y estará a cargo de la empresa facultada para prestar dicho servicio.

#### Sanitarios permanentes para la zona de paraderos

Se debe tomar en cuenta que para el caso de los sanitarios que potencialmente se ubicarán en los paraderos y miradores, se recomienda la colocación de sanitarios secos basados en deshidratación o descomposición como una alternativa ecológica que permita evitar la afectación hacia el Río Tehuantepec por las descargas de agua comunes, esta se describe a mayor detalle en la siguiente medida (M25).

### M25 Instalación de obras sanitarias en Miradores y Paraderos

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la construcción de miradores y paraderos.	

**Descripción:** Como parte de la Infraestructura Adicional la carretera, se prevé la colocación de miradores y paraderos. En estas zonas potencialmente se colocarán sanitarios. Para estos se debe considerar lograr una conexión al sistema de drenaje de las comunidades cercanas o bien se deberán colocar baños secos (a través de fosas sépticas) que eviten la contaminación y generación de descargas hacia el Río Tehuantepec. En el mercado existen variedad de diseño y propuestas sobre sanitarios ecológicos como son “sanitarios secos” o “composteros”, lo que tienen en común que funcionan sin agua en cada uso.

Dentro de las propuestas se encuentran los sistemas basados en deshidratación (sanitarios secos) y los sanitarios basados en la descomposición (sanitarios composteros) (Holger, 2006).

En México existen ejemplos exitosos de la colocación de estos baños en entornos urbanos como escuelas, centros comunitarios, oficinas, proyectos de ecoturismo etc.; *sin embargo el éxito de estos radica en una buena asesoría técnica para la colocación y funcionalidad de estos así como lograr un mantenimiento adecuado a largo plazo que implica un correcto manejo de los residuos.*

Así mismo se deberán tener alternativas para las aguas grises o jabonosas (de lavabos, fregaderos, lavaderos, regaderas, etc.), generadas en las actividades de aseo personal (Ecosencia, 2013; SARAR, 2013).

Este tipo de propuestas deben ser integrales para el manejo y disposición de los residuos siempre en pro de la prevención de contaminación. Este tipo de acciones deberá acompañarse de correcta información al usuario (señalética, carteles informativos sobre el uso de los sanitarios y el motivo por el cual se emplean estas técnicas) con la finalidad de sensibilizarlo e **incentivar una conciencia ambiental por los sitios donde se ubica la obra.**

### M26 Descompactación y escarificación de suelos

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> En los sitios donde no existan obras permanentes, en las distintas acciones de construcción.	

**Descripción:** con estas acciones se pretende devolver (en parte), la estructura original a los suelos que fueron afectados para facilitar con ello el desarrollo de las raíces y la absorción de agua.

La forma de revertir la compactación del suelo es a través de la roturación del terreno, la cual se puede realizar por medio de maquinaria, tracción animal o manualmente, según lo permitan las características y la topografía del terreno. El proceso consiste en remover el suelo para darle más porosidad, de forma que se permita infiltrar mayor cantidad de agua y permita el crecimiento

radicular de las plantas. La roturación aquí descrita está orientada principalmente para facilitar la plantación y recuperación de la vegetación. Las zonas que requerirán dicho tratamiento serán aquellas que han sido circuladas por la maquinaria pesada y los vehículos, (esto se puede aplicar en los bancos de tiro y en los caminos de acceso e incluso en sitios que queden sin obras permanentes y que por la topografía y condiciones lo permitan), tanto dentro del derecho de vía como aquellas superficies ocupadas para la instalación de otras obras provisionales al proyecto, como: almacenes temporales de residuos (urbanos, de manejo especial y peligrosos).

En estos se hará una limpieza, escarificación y descompactación del suelo para alcanzar los objetivos esperados, sin comprometer la estabilidad y usos del suelo en estos sitios.

Para el caso de los caminos de acceso, la compactación se podrá reducir hasta que se deje de utilizar, no obstante, hay caminos que actualmente existen y donde la compactación no podrá revertirse. Cabe recordar que en todo camino de nueva apertura se deben llevar a cabo acciones para devolver su estado natural (ver medida M40 Rehabilitación de caminos de acceso).

### VI.2.5 Factor Vegetación

#### M27 Contar con los permisos de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Antes del inicio de la construcción o del uso de los bancos de tiro y de préstamo.

**Descripción:** se deberá contar, en su caso, con la autorización en materia de Cambio de Uso de Suelo otorgado por la Autoridad federal, estatal o municipal competente, para las zonas Forestales que se vean afectadas por la obra (como son Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino-Pino y Selva Baja Caducifolia detectados en eje troncal), esto acorde a la Norma SCT N LEG 3/02 y demás aplicables. Estos permisos se deberán tramitar para lugares de la línea de cerros, obras complementarias, accesorias, caminos de acceso, bancos de tiro y de préstamo, etc. y demás obras que requieran modificación de cambio de uso de suelo.



Imagen VI.38 Se observa sitios donde se realiza desmote y se utiliza el recurso maderable con previa autorización.

**M28** Restringir afectación dentro de la línea de ceros

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la operación de la maquinaria, en todas las etapas del proyecto, en particular durante el desmote y despalde.	

**Descripción:** las actividades de desmote, así como de movimiento de la maquinaria y de tierras (producto de excavaciones), deberán restringirse a los sitios que corresponden a la línea de ceros. Se debe vigilar que las maquinas no invadan más allá de estos terrenos, de lo contrario se incrementará la afectación directa, fragmentando las comunidades vegetales presentes y como consecuencia la alteración de factores asociados a la presencia de la cobertura vegetal, como; el ciclo hidrológico, la protección al suelo y el hábitat de la fauna silvestre.

Así mismo el producto de excavaciones no deberá colocarse en la vegetación aledaña, debe colocarse en camiones para su acarreo hacia los bancos de tiro.

**M29** Acciones de Protección y Conservación de Flora

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Antes del desmote.	

**Descripción:** previo a las actividades de desmote y despalde en donde existirá un cambio de uso de suelo forestal de los tipos de vegetación de: Bosque de pino-encino y encino-pino, selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia y vegetación riparia, se llevarán a cabo **Acciones de Protección y Conservación de Flora** en áreas a desmontar para eje troncal, para obras especiales, obras adicionales y para obras provisionales y asociadas (véase Cap. II de la MIA-R).



Los individuos producto de las acciones de rescate serán reubicados en los sitios potenciales a ser rehabilitados como parte de las **Acciones de Restauración y Reforestación (M30)**, como medida de compensación por la afectación del sitio.

El listado potencial obtenido para el Sistema Ambiental Regional (SAR), existen algunas en categoría de riesgo (véase Anexo Listado de Probable Ocurrencia de Flora) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, en campo se registró la presencia de 5 especies que serán directamente afectadas por la construcción del proyecto; *Coryphantha elephantidens* var. *elephantidens* habita en la zona cálida, mientras que, *Mammillaria duoformis*, *Erythrina coralloides*, *Pinus chiapensis* y *Podocarpus matudae*, crecen en la zona templada.

Como parte de la alta riqueza florística en el área de estudio, existe un gran número de especies vulnerables que requieren condiciones especiales de crecimiento, con distribución restringida y que participan en varios procesos ecosistémicos, además de constituir el hábitat de distintas especies de fauna. Estas especies pertenecen a familias consideradas prioritarias para la conservación de la Biodiversidad (Asparagaceae, Bromeliaceae, Cactaceae y Orchidaceae); con un registro en campo de 38 especies (Tabla VI.9)

Tabla VI.9 Especies de flora pertenecientes a familias prioritarias para la conservación de la Biodiversidad.

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	VARIEDAD	N10	FV	TV
Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i>			Ab	SBC
Asparagaceae	<i>Agave marmorata</i>			Ab	BPE
Asparagaceae	<i>Beaucarnea sp.</i>			Ar	SBC
Asparagaceae	<i>Nolina parviflora</i>			Ar	BPE
Bromeliaceae	<i>Hechtia sp.</i>			Hi	SBC
Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>			Ep	BPE
Bromeliaceae	<i>Tillandsia ionantha</i>			Ep	SBC
Bromeliaceae	<i>Tillandsia makoyana</i>			Ep	SBC
Bromeliaceae	<i>Tillandsia plumosa</i>			Ep	BPE
Bromeliaceae	<i>Tillandsia polystachia</i>			Ep	BPE
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>			Ep	BPE
Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i>			Ep	BPE
Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp.</i>			Ep	SBC
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>			Ep	BPE
Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Cephalocereus leucocephalus</i>			Ar/Ab	VR, SBC
Cactaceae	<i>Cephalocereus totolapensis</i>			Ar/Ab	SBC, SMSub, VR
Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	<i>elephantidens</i>	A	Hi	SBC
Cactaceae	<i>Coryphantha sp.</i>			Hi	SBC
Cactaceae	<i>Escontria chiotilla</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Mammillaria albilanata</i>			Hi	SBC

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	VARIEDAD	N10	FV	TV
Cactaceae	<i>Mammillaria duiformis</i>		Pr	Hi	BPE
Cactaceae	<i>Mammillaria haageana</i>			Hi	SBC
Cactaceae	<i>Mammillaria nejapensis</i>			Hi	SBC
Cactaceae	<i>Mammillaria sp.</i>			Hi	SBC
Cactaceae	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>			Ar/Ab	SBC
Cactaceae	<i>Nopalea auberi</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Nopalea karwinskiana</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Nopalea sp.</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Opuntia decumbens</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Opuntia pilifera</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Opuntia pubescens</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Opuntia velutina</i>			Ab	SBC
Cactaceae	<i>Opuntia velutina</i>	<i>macdougalliana</i>		Ab	SBC
Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>			Ar/Ab	SMSub, VR
Cactaceae	<i>Stenocereus pruinosus</i>			Ab	SBC
Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>			Ep	SBC
Orchidaceae	<i>Prosthechea michuacana</i>			Hi	BPE

Forma de Vida (FV): Árbol (Ar), Arbusto (Ab), Hierba (Hi), Epífita (Ep).  
 Tipo de Vegetación (TV): Selva Baja Caducifolia (SBC), Selva Mediana SubCaducifolia (SMSub), Vegetación Riparia (VR), Bosque de Pino-Encino (BPE), Bosque de Encino-Pino (BEP).  
 Nota: las especies no muestran sinonimias en su identificación.

En este mismo sentido, es primordial emplear especies endémicas y nativas para conservar el germoplasma nativo en cada tipo de vegetación y con ello evitar la llegada e instalación de especies exóticas en el área de estudio (Tabla VI.10 y Tabla VI.11 ).

Tabla VI.10 Especies endémicas de flora al estado de Oaxaca.

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	FV	TV
Asparagaceae	<i>*Agave marmorata</i>	Ab	BPE, BEP
Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i>	Hi	BPE
Cactaceae	<i>*Cephalocereus totolapensis</i>	Ar/Ab	SBC, SMSub, VR
Cactaceae	<i>*Mammillaria haageana</i>	Hi	SBC
Cactaceae	<i>*Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	Ar/Ab	SBC
Primulaceae	<i>Jacquinia seleriana</i>	Ar	VR
Solanaceae	<i>Solanum lesteri</i>	Ab	BPE

Forma de Vida (FV): Árbol (Ar), Arbusto (Ab), Hierba (Hi), Epífita (Ep).  
 Tipo de Vegetación (TV): Selva Baja Caducifolia (SBC), Selva Mediana SubCaducifolia (SMSub), Vegetación Riparia (VR), Bosque de Pino-Encino (BPE), Bosque de Encino-Pino (BEP).  
*\*Especies pertenecientes a familias prioritarias para la conservación de la Biodiversidad, enlistadas en la Tabla VI.9 .*  
 Nota: las especies citadas no muestran sinonimias ni variedades en su identificación.

Tabla VI.11 Especies nativas de flora del área de estudio.

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	SINONIMIA	VARIEDAD	N10	FV	TV
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i>				Ar	SBC
Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i>				Ar	VR, SBC
Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>				Ar/Ab	BPE
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>				Ar	SBC
Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i>				Hi	BPE
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>				Ar	SMSub, VR, SBC
Apocynaceae	<i>Plumeria sp.</i>				Ar	BPE
Araliaceae	<i>Hydrocotyle sp.</i>				Hi	VR
Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>				Hi	BPE
Asteraceae	<i>Ageratina tomentella</i>				Hi	BPE
Asteraceae	<i>Ageratum houstonianum</i>				Hi	BPE
Asteraceae	<i>Vernonia conzatti</i>				Ab	BPE
Bignoniaceae	<i>Astianthus viminalis</i>				Ar	VR
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>				Ar	SBC, SMSub, VR
Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i>				Ar	SBC
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>				Ar	SBC
Burseraceae	<i>Bursera sp.</i>				Ar	VR, SBC, SMSub
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita argyrosperma</i>				Hi	BPE
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i>				Ar	BPE
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum muelleri</i>				Hi	BPE
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>				Ar/Ab	BEP
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>				Ab	BPE
Euphorbiaceae	<i>Pedilanthus tithymaloides</i>				Ab	SBC, VR
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>				Ab	BPE
Fabaceae	<i>Acacia cochliacantha</i>				Ar/Ab	VR, SBC, SMSub
Fabaceae	<i>Acacia macracantha</i>				Ar/Ab	BPE
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i>				Ar	BEP, BPE
Fabaceae	<i>Acacia picachensis</i>				Ar/Ab	SBC
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>				Ab	SMSub, SBC, VR
Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i>				Ab	BPE
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>				Ar	VR
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i>			A	Ar	BPE
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>				Ar	VR, SBC
Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i>				Ar	SBC, VR
Fabaceae	<i>Inga vera</i>				Ar	VR
Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i>				Ar	VR, SBC, SMSub
Fabaceae	<i>Lysiloma divaricatum</i>				Ar	SBC, VR
Fabaceae	<i>Pithecellobium sp.</i>				Ar	SBC
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>				Ar	VR, SBC
Fabaceae	<i>Pithecellobium mangense</i>	<i>Chloroleucon mangense</i>			Ar	VR, SBC
Fabaceae	<i>Pterocarpus acapulcensis</i>				Ar	SBC

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	SINONIMIA	VARIEDAD	N10	FV	TV
Fabaceae	<i>Senna atomaria</i>	<i>Cassia atomaria</i>			Ar/Ab	SBC
Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	<i>Cassia occidentalis</i>			Ab	BPE
Fabaceae	<i>Senna wislizeni</i>		<i>pringlei</i>		Ar/Ab	VR, SBC
Fagaceae	<i>Quercus conspersa</i>				Ar	BEP
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>				Ar	BEP
Fagaceae	<i>Quercus glaucoides</i>				Ar	BEP
Fagaceae	<i>Quercus magnoliifolia</i>				Ar	BEP
Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>				Ar	BEP
Lamiaceae	<i>Salvia cinnabarina</i>				Hi	BPE
Lamiaceae	<i>Salvia gesneraeflora</i>				Hi/Ab	BPE, SBC
Lamiaceae	<i>Salvia purpurea</i>				Hi	BPE
Lentibulariaceae	<i>Pinguicula moranensis</i>				Hi	BPE, BEP
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>				Ar	SBC, SMSub, VR
Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>				Ar	SBC
Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>				Ar	SMSub, VR
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>				Ar	VR, SMSub
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>				Ar	SBC
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca octandra</i>				Hi	BPE
Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>				Ar	BPE
Pinaceae	<i>Pinus strobus</i>	<i>chiapensis</i>		Pr	Ar	BEP, BPE
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>				Ar	BEP, BPE
Piperaceae	<i>Piper hispidum</i>				Ab	SBC, VR
Podocarpaceae	<i>Podocarpus guatemalensis</i>			Pr	Ab	BPE
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>				Hi	BPE
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>				Ar	SBC
Primulaceae	<i>Jacquinia sp.</i>				Ab	SBC
Pteridaceae	<i>Cheilanthes sp.</i>				Hi	BPE
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>				Ar	BEP, BPE
Sabiaceae	<i>Meliosma alba</i>				Ar	BPE
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>				Ar/Ab	BPE
Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>				Ab	BPE
Selaginellaceae	<i>Selaginella sp.</i>				Hi	SBC, BPE
Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i>				Ab	BPE
Solanaceae	<i>Solanum pubigerum</i>				Hi	BPE, BEP
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>				Hi	BPE

NOM-059-SEMARNAT-2010 (N10): Amenazada (A), Sujeta a Protección Especial (Pr).  
Forma de Vida (FV): Árbol (Ar), Arbusto (Ab), Hierba (Hi), Epífita (Ep).  
Tipo de Vegetación (TV): Selva Baja Caducifolia (SBC), Selva Mediana SubCaducifolia (SMSub), Vegetación Riparia (VR), Bosque de Pino-Encino (BPE), Bosque de Encino-Pino (BEP).

Estas acciones se deberán llevar a cabo en sitios dentro de la línea de ceros, en los lugares donde se realicen estructuras adicionales como entronques, sitios de rampas de frenado, paradores y miradores que se realicen en la obra, y demás lugares donde se vea afectada vegetación nativa.

El rescate de flora también incluye el rescate de semillas y propágulos (esquejes o estacas), de ejemplares que pueden propagarse y funcionar para las labores de y/o Restauración y Reforestación (M30). La reubicación de estas especies serán en sitios ambientalmente viables y similares de las cuales fueron rescatadas. El rescate deberá llevarse a cabo de manera previa al desmonte, y los ejemplares deberán ser reubicarlos en un sitio de condiciones ambientales similares, para contribuir con la conservación de la riqueza de la región. Los ejemplares que se rescaten para llevar a cabo la propagación de estos, se llevará hacia un “área de confinamiento temporal de especies rescatadas”, donde se le darán los cuidados necesarios previos a su reubicación. Para llevar a cabo el rescate y reubicación de ejemplares se debe considerar lo siguiente:

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificación de las especies a rescatar.</li> <li>▪ Rescate de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</li> <li>▪ Toma de datos de colecta; coordenadas UTM, fecha, nombre común y científico.</li> <li>▪ Metodología de rescate y de reubicación para los distintos grupos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>vegetales a rescatar (angiospermas, gimnospermas).</li> <li>▪ Mantenimiento</li> <li>▪ Reubicación</li> <li>▪ Calendarización</li> <li>▪ Monitoreo</li> <li>▪ Acciones emergentes</li> <li>▪ Número de ejemplares rescatados</li> <li>▪ Sitios seleccionados para su reubicación</li> </ul> |
|---|--|

### Metodología

- Se darán pláticas ambientales al personal para iniciar una conciencia de protección hacia los recursos del sitio.
- Se debe contar con el personal adecuado y calificado para la identificación en campo de los organismos. En este caso para el rescate se requiere de un Biólogo especialista en botánica con experiencia en identificación de ejemplares en campo, un auxiliar técnico, así como un grupo de jornalero. Esta plantilla de trabajo será necesaria para llevar a cabo el rescate de los ejemplares. Los jornaleros recibirán capacitación por los especialistas para poder ejecutar el trabajo de forma correcta. Acorde al tiempo en que se requiera liberar los tramos antes del desmonte será la cantidad de personal necesaria. Cabe mencionar que, debido a la complejidad de la obra, es posible que existan varios frentes de obra, por lo tanto en cada uno de estos, se requerirá de personal especializado que supervise estas acciones.
- Implementación de las técnicas de extracción y colectas particulares que garanticen la preservación de los individuos, en especial la que se encuentren en la NOM-059-SEMARNAT-2010 así como a los susceptibles a un mayor cuidado.



Imagen VI.39 Ejemplo del rescate de flora en ejecuciones carreteras antes del desmonte

- Contar con la planeación, especificación e implementos necesarios para el establecimiento de un área de confinamiento temporal que permita su correcta operación, no sólo para cuidado temporal de los ejemplares, si no también que permita la propagación de los mismos, el depósito de ejemplares que requieran un tratamiento de sanidad o un albergue temporal mientras se localiza un sitio adecuado para su reintroducción.

### Área de confinamiento temporal y zona de propagación

El área de confinamiento temporal se construirá en un sitio específico cercano al proyecto; su ubicación deberá considerar superficies planas, desprovistas de vegetación, con vías de acceso para el traslado de plantas y con acceso a alguna fuente de agua. También deberá estar ubicado en una zona de poco viento para favorecer la conservación de la humedad, por lo cual no debe ubicarse en la cima de laderas, ni en valles donde ocurran heladas. El sitio deberá recibir luz directa durante la mayor parte del día.

Estará dispuesto de tal manera que cuente con tres intensidades lumínicas (30, 50 y 70%) en las que las plantas serán colocadas dependiendo de la intensidad lumínica en la que se hallaban en su medio natural, además contará con las siguientes áreas:

- Almacén. En el cual se almacenen los insumos y herramientas para el mantenimiento del vivero.
- Patio de trabajo. Sitio en el que se realizará el llenado de bolsas para realizar el trasplante.
- Área de preparación de sustratos. Superficie en la que se realizará la mezcla de tierras.
- Zona de cuarentena. En ella se colocarán las plantas enfermas, donde se mantendrá bajo vigilancia y se les provea tratamiento fitosanitario hasta que se hallen libres de parásitos y puedan reintroducirse. En caso de que las plantas enfermen, se recomienda el uso de insecticidas y/o fungicidas ecológicos.



- **Áreas de crecimiento.** Zona a la que serán trasladadas las plantas ya embolsadas. Contará con horquillas y postes sobre los cuales se tenderán alambres con el fin de dar soporte a la malla de sombra. La zona estará dispuesta de tal manera que cuente con tres intensidades lumínicas (a sol abierto, 30%, 60%) en las que las plantas serán colocadas dependiendo de la intensidad lumínica en la que se hallaban en su medio natural. Asimismo, se colocará una malla mosquitera rodeando esta zona con el fin de evitar algún daño a las plántulas, a causa de roedores u otro mamífero.

**Mantenimiento.** Realizar un censo y marcaje de las especies rescatadas, así como se elaborará una bitácora donde se anotarán los datos de los organismos.

**Reubicación.** Se caracterizarán los sitios en los que se encuentran las especies por reubicar y también la de los sitios potenciales para su reubicación tomando en cuenta:

- Tipo de vegetación
- Cobertura, estructura y composición vegetal
- Grado de luz, altura
- Nodricismo (cactáceas)
- Grado de perturbación

El rescate debe realizarse al menos tres meses antes del inicio de los trabajos (particularmente de desmonte y despalme). Los organismos rescatados deberán ser llevados al albergue temporal para ser trasplantados o reubicados lo más pronto posible. Los datos generados (especies, coordenadas del sitio donde se encontraron y en el que se reubicaron, entre otras que se consideren de relevancia), se registrarán en una bitácora para la posterior elaboración de bases de datos.

*Calendarización:* las actividades se programarán de acuerdo al cronograma general de la obra, así mismo, se coordinarán con la realización de los trabajos de desmonte y despalme.

*Monitoreo:* el monitoreo se hará de forma general para las especies reubicadas, tiene como finalidad evaluar a corto y mediano plazo el éxito de la reubicación y la eficacia de las técnicas empleadas. El personal capacitado para esta actividad determinará y coordinará ajustes en la duración y tiempo del monitoreo.

**Acciones emergentes.** Las acciones emergentes estarán encaminadas al restablecimiento óptimo de las especies reintroducidas. En el caso de que se observen resultados que sean desfavorables se deberán tomar las medidas pertinentes para lograr el éxito del rescate. Cuando esto ocurra se deberá determinar el factor que incide en la disminución de la sobrevivencia, entre los cuales existen:

- **Ataques de invertebrados o enfermedades por hongos u otros agentes bióticos:** se determinará el organismo que estuviera efectuando el ataque, se realizará el control de la plaga con productos orgánicos a base de chile, canela y ajo, los cuales tendrán un efecto insecticida, antibiótico y repelente.

- **Muerte esporádica:** de no observarse una causa de la muerte de las plantas se deberá realizar una reubicación de los individuos, de ser necesario se devolverán al albergue temporal. Se repondrán aquellos ejemplares o población de la plantación que no se adaptó o murió por algún daño. Estas replantaciones serán del excedente de producción de los viveros.
- **Robo:** Es posible que la disminución de los valores de sobrevivencia se deba al robo de las plantas, para ello se deberá reforzar la vigilancia de las plantas.
- **Control de Maleza:** Se recomienda el control físico.
- **Déficit hídrico:** De ser necesario se regaran las áreas con pipas de agua tratada, para compensar el déficit hídrico.
- **Ramoneo:** Esto se realizará cuando el diagnóstico fitosanitario o el censo arroje daños causados por el ramoneo de la ganadería extensiva mayor y de especies menores.

Es importante mencionar que el éxito en la sobrevivencia de los ejemplares trasplantados, depende en gran medida del manejo que se tenga durante la extracción. No obstante, en caso de que los organismos reubicados o las plántulas no sobrevivan deberá procederse a su sustitución con los individuos que resulten de la propagación por las semillas colectadas en las etapas anteriores o la propagación por otros medios, también se recomienda la reproducción vegetativa de las plantas rescatadas y así incrementar el número de plantas disponibles para la reubicación.

*-M29a. Rescate de Beucarnea sp.*

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Previo a las actividades de desmonte		

**Descripción:** la mayoría de las especies de este género, se encuentran bajo categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por lo que, deberá realizarse un rescate de los ejemplares de todas las tallas. De acuerdo a las visitas de campo, se detectó la presencia de individuos pertenecientes a este género en los cadenamientos aproximados del km 118+000 al km 119+000. En caso de encontrarse otros individuos a lo largo del trazo, deberán rescatarse y reubicarse, sin importar su tamaño. Para el caso de individuos de mayor talla, se requerirá de maquinaria que permita el movimiento de los ejemplares; se debe tener particular cuidado en el momento de pasarlos para evitar la afectación a las raíces y tallo.



Imagen VI.40 Rescate y reubicación de ejemplares del género *Beucarnea* sp Rehabilitación de sitios de Obras Provisionales y Asociadas.

### M30 Acciones de Restauración y Reforestación

<b>Tipo:</b> CM	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Previo a las actividades de desmonte	

**Descripción:** tiene como objetivo llevar a cabo una rehabilitación ambiental en áreas potenciales a reforestar (revegetar) y a restaurar ecológicamente. Es necesario aplicar el Programa en zonas estratégicas, para recuperar parte del estado primario del sitio que a su vez permita restituir los corredores biológicos, sitios de forrajeo, anidación, refugio y alimento para las diferentes poblaciones de fauna que se desarrollan en el lugar. Como ya se mencionó, dentro del SAR se reportan especies que requieren extensas áreas de vegetación conservada (como el jaguar), por tanto a través de esta medida, se buscará enriquecer sitios que han sido degradados, (ya sea por la obra o por procesos naturales), para darles a largo plazo una mayor estabilidad y retención de suelos, buena fertilidad, generación a largo plazo de hábitats faunísticos y la recuperación de la calidad del lugar.

Para esto, se debe llevar a cabo el rescate de plántulas, semillas y propágulos (esquejes o estacas) de las especies a rescatar del sitio (ver Acciones de Rescate y Reubicación de Flora, M29); así, con la propagación de estos individuos será posible llevar a cabo acciones de Reforestación con especies que son nativas del lugar. No obstante siempre existe la posibilidad de recurrir a la compra de ejemplares nativos en viveros autorizados si la densidad esperada supera lo propagado en las áreas de confinamiento temporal.

Dentro de estas acciones se deberán de establecer en cada una de las plantas que se utilice para reforestar una **terrazza individual**, estas son terraplenes en forma circular, trazados en curva a nivel de un metro de diámetro en promedio. Esta obra mecánica tiene como finalidad disminuir la escorrentía superficial que discurre a través de las laderas y contribuir al desarrollo de las plantaciones a través de la disponibilidad hídrica en el área de captación de la terraza, permitiendo el control de la erosión,

favoreciendo al desarrollo de especies forestales y por último incrementa la supervivencia de las plantas

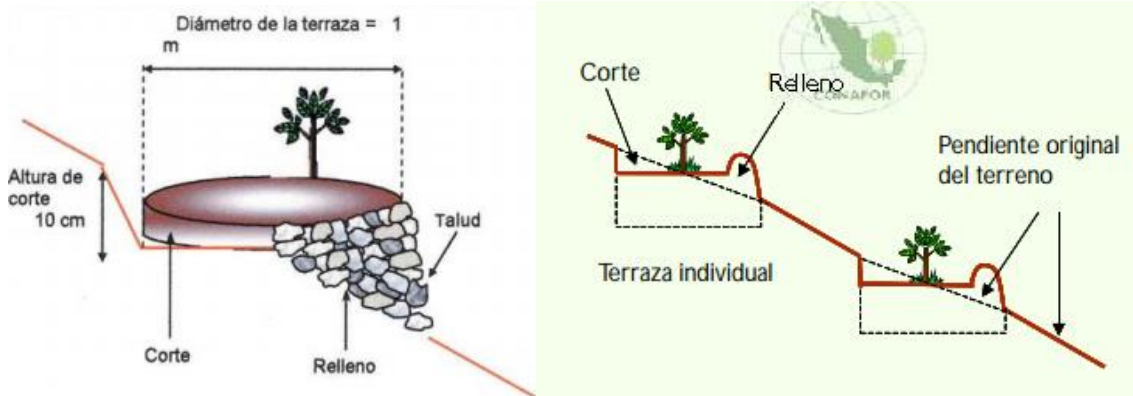


Imagen VI.41 Esquema y diagrama de Terrazas individuales, (CONAFOR, 2004)

El esquema de plantación con terrazas individuales recomienda un distanciamiento de 3 metros entre cajete y cajete, en método de tres bolillos. A distancia de 3 x 3 metros se logran alcanzar densidades de 1,111 terrazas individuales por hectárea, sin embargo de acuerdo al tipo de vegetación y a las necesidades del ecosistema se puede plantear una densidad correcta.

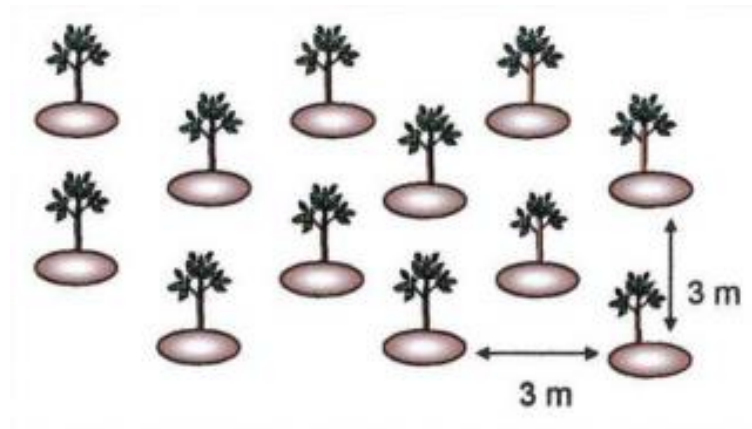


Imagen VI.42 Distribución de terrazas individuales con especies forestales en un sistema de tres bolillos, (CONAFOR, 2004)

**Cabe resaltar que, en el sitio no es viable revegetar en todas las laderas del derecho de vía, puesto que en gran parte son terraplenes de corte que requieren de estabilización y protección con medios mecánicos, por lo tanto, sólo en los casos donde sea viable y donde no se comprometa la estabilidad, se podrá realizar reforestación con especies arbóreas, lo cual deberá evaluarse en campo por fines de seguridad, además el resto de los sitios mantienen una cobertura vegetal conservada. Por este motivo la reforestación se puede enfocar a sitios que permitan el**



enriquecimiento de zonas de las márgenes del río que presenten daños, sitios que aumenten las áreas para corredores de fauna, o que permitan rehabilitar sitios perturbados ya sea por las obras de la construcción carretera o por actividades previas a la obra, sin embargo, a continuación se presentan algunas propuestas para los sitios de reforestación:

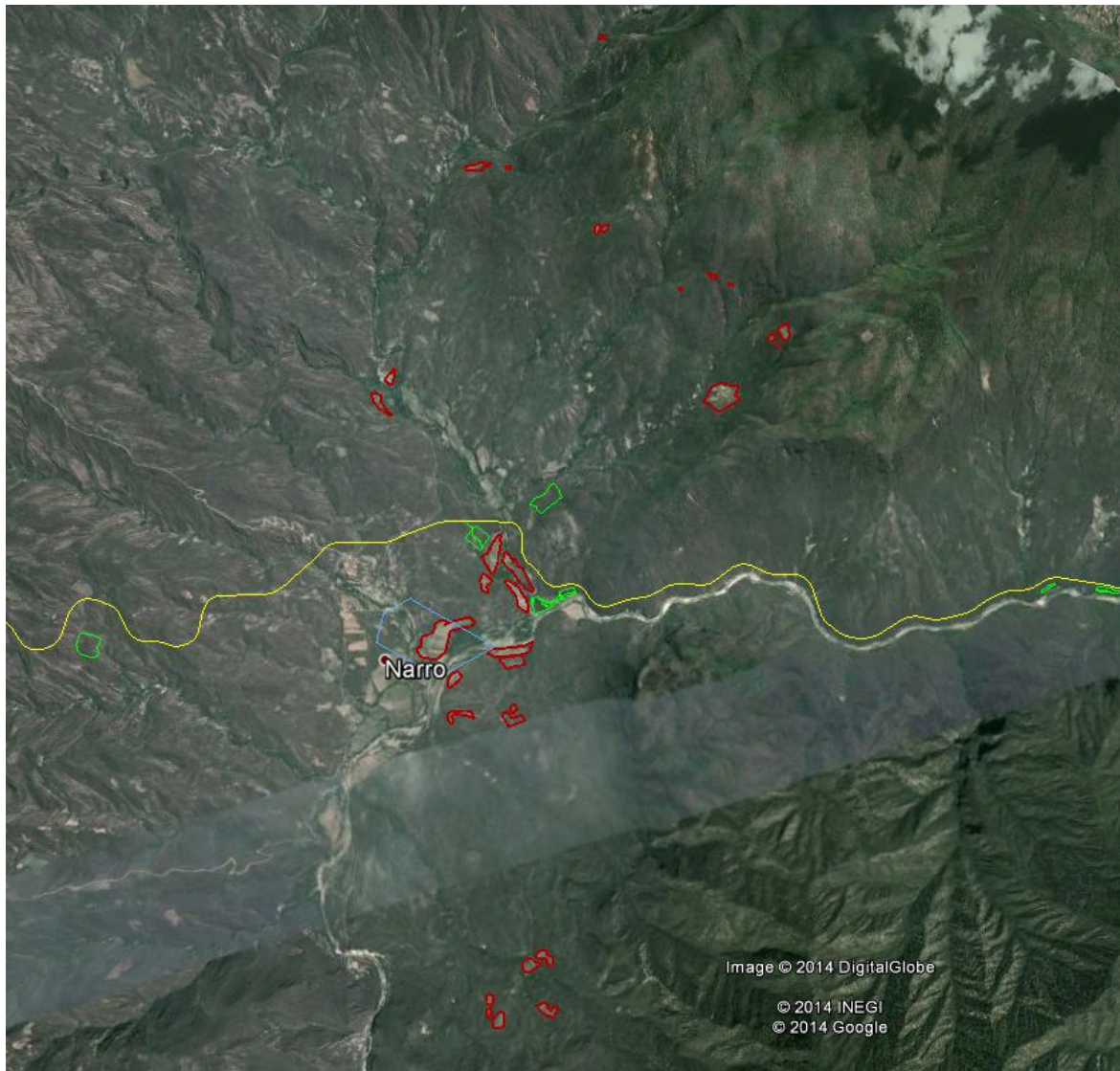


Imagen VI.43 Los sitios que se proponen para las acciones de reforestación se encuentran cercanos a la comunidad de Santo Domingo Narro.

Previo a las acciones de restauración, se deberán realizar varias actividades como son:

- Delimitación y limpieza de los sitios viables para la restauración. Se hace notar que sitios como los que sean detectados (con los monitoreos de fauna), como corredores de fauna,

serán evaluados y se podrá recurrir si lo requieran a una restauración; otros sitios potenciales a restaurar son todos aquellos sitios requeridos de manera temporal por actividades de la obra (sitios que se queden sin obras permanentes), se deberán restaurar para alcanzar las condiciones originales o incluso mejorar las antes existentes.

- Escarificación, descompactación y enriquecimiento del suelo (aumento de fertilidad), a través de la incorporación de materia orgánica o productos que no dañen a los cuerpos de agua como son abonos orgánicos, compostas etc., para dar las condiciones de supervivencia a las plantas que se desarrollen en el sitio.
- Una vez realizadas tales actividades, se procederá a la siembra de ejemplares acorde al sitio (Reforestación). Se tendrá en cuenta que a lo largo del trazo existen varios tipos de vegetación, por lo que las densidades, especies y formas de siembra, deberán evaluarse en proporción a la vegetación circundante presente de tal forma que se coloquen proporción óptima de desarrollo.
- Se hará monitoreo de los sitios rehabilitados, en el cual se incluye el mantenimiento y seguimiento de los sitios para verificar la sobrevivencia de los ejemplares. Estas acciones requerirán de mantenimiento de al menos 5 años (después de realizada la siembra), para lograr la estabilización de las plantas.

#### *-M30a. Reforestación con fines de revegetación en puentes, viaductos, túneles e infraestructura adicional*

La *reforestación* se refiere a recuperar la cobertura vegetal original de un terreno, plantando las especies que se perdieron, ya sea en semilla, acodos o con plantas producidas en un vivero. Mientras que, la *rehabilitación* es la acción de recuperar parcialmente las características estructurales o funcionales de un ecosistema; la M30 hace referencia a una rehabilitación ambiental mediante una reforestación (revegetación).

#### ***Puentes, viaductos y túneles***

Específicamente para los puentes y viaductos ubicados en escurrimientos perennes e intermitentes se realizará la revegetación con especies propias de vegetación riparia, y en cuanto a las obras ubicadas en depresiones topográficas (barrancos) se emplearán especies de acuerdo al tipo de vegetación donde se ubiquen (*Consúltase Tabla VI.9 y Tabla VI.10* ). La revegetación permitirá que las áreas degradadas mantengan el ciclo hidrológico, la conservación del suelo y su fertilidad, además de que conformaran una franja vegetal continua que fungirá como corredores biológicos para las especies de fauna. Mientras que, en el túnel ubicado en la zona templada (km 101+980) serán empleadas especies de bosque de encino-pino.



### Infraestructura adicional

*Entronques y Paraderos:* la revegetación será en áreas libres de obras permanentes. Se utilizarán especies propias del tipo de vegetación en que se ubiquen tales obras. En los *Pasos Vehiculares Superiores (PSV's)*: se utilizarán ejemplares de hábito arbustivo, los cuales se plantarán al pie del talud en la entrada de cada PSV. La franja a reforestar conformará un cerco vivo para encauzar el paso de la fauna por la estructura, y a su vez se generará una cubierta vegetal que proporcionará al suelo un efecto de aislamiento al provocar un microclima en las zonas próximas reduciendo de esta forma las variaciones de temperatura y humedad para disminuir la agresividad de los procesos de meteorización mecánica que actúan por ruptura de los agregados del suelo.

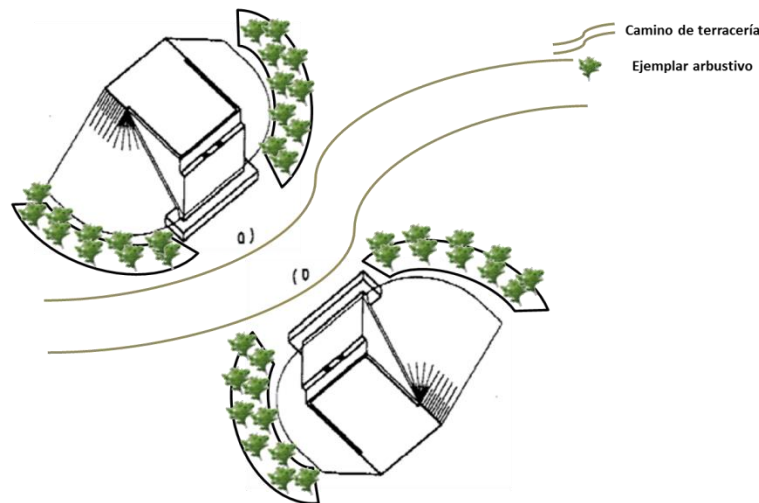


Imagen VI.44 Ejemplificación de una reforestación (revegetación) con especies de hábito arbustivo en un Paso Superior Vehicular.

*Pasos Vehiculares Inferiores, rampas y mirador:* en los taludes de terraplén se emplearán especies nativas de hábito herbáceo y ejemplares del genero *Hechtia*, con el objetivo de evitar los procesos erosivos y estabilizar el suelo, puesto que los sistemas radiculares de las plantas formarán una armadura de fibras entrelazadas ligadas íntimamente a la matriz del suelo, que refuerza su estructura e incrementa su resistencia al deslizamiento (Moscoso, 2003). En donde posteriormente se adicionarán naturalmente más especies vegetales completando una matriz vegetal que sostenga de forma más segura el sustrato.

#### -M30b. Revegetación en el margen del "Río Tehuantepec" y Cerro "El Coyul"

Se realizará una revegetación con especies propias de vegetación riparia, en los márgenes del cauce desprovistos de vegetación y en aquellos sitios donde se encuentren individuos arbóreos dispersos que no conformen una franja vegetal continua. Con el objetivo de cubrir con superficie vegetal para favorecer el flujo de la fauna, la generación de refugios y zonas de forrajeo para la misma.

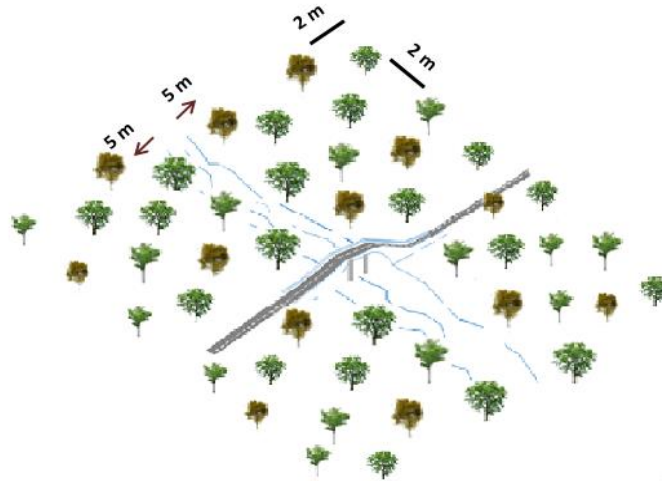


Imagen VI.45 Ejemplificación de un esquema de plantación para la revegetación en sitios desprovistos de vegetación riparia.

Por otra parte, en el “Cerro Coyul” que funge como hábitat de la especie *Ara militaris* (guacamaya verde), se buscarán sitios (claros) para revegetar específicamente con las siguientes especies: *Amphipterygium adstringens*, *Bursera fagaroides*, *Ceiba aesculifolia*, *Cyrtocarpa procera*, *Escontria chiotilla*, *Pistacia mexicana*, *Senna wislizeni* var. *pringlei* y *Pseudobombax ellipticum* (enlistadas en Tabla VI.9 y ) de las cuales se alimenta la guacamaya verde (Imagen VI.46).

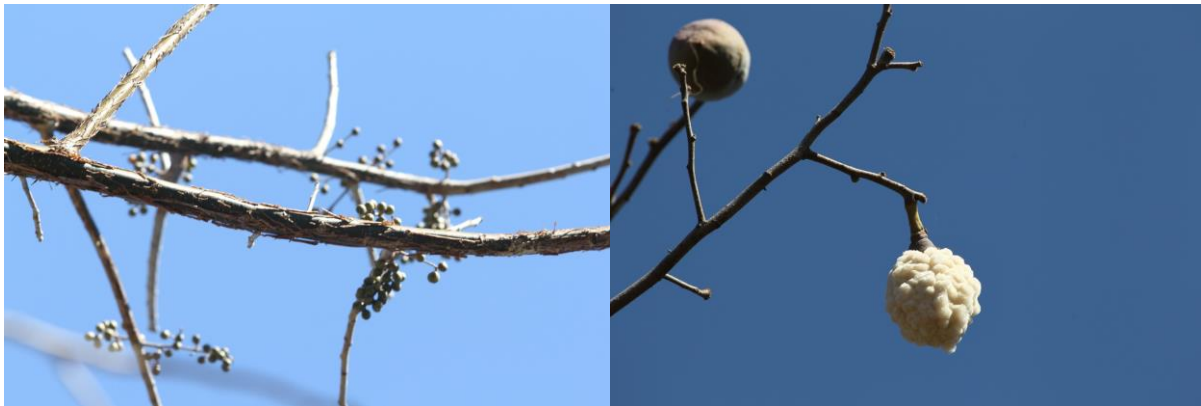


Imagen VI.46 Frutos de las especies *Bursera fagaroides* y *Ceiba aesculifolia*, de los cuales la guacamaya verde se alimenta de semillas maduras y del fruto inmaduro.

### -M30c. Restauración ecológica en obras provisionales y asociadas

Una de las estrategias para hacer frente a los procesos de destrucción de las comunidades vegetales es la ejecución de actividades de Restauración Ecológica. La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, 2004) define esta: *como el proceso de asistencia a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido*. Entre las estrategias de restauración lo más

recomendable es trabajar con especies nativas, que además de estar plenamente adaptadas a las condiciones físico-ambientales, son más adecuadas para tratar de detener los procesos del deterioro ambiental (Vázquez-Yanez *et al.*, 1999).

Dado que la medida de compensación M30 requiere de acciones de restauración en zonas estratégicas para la recuperación de la estructura, composición forestal de los tipos de vegetación presentes, y restituir los sitios de forrajeo, anidación, refugio y alimento para las poblaciones de fauna que habitan en el área de estudio.

Se llevará a cabo la restauración ecológica en aquellas áreas que serán aperturadas para bancos de tiro, de préstamo y caminos de acceso (para eje troncal y bancos). La cual consistirá en acciones de rehabilitación del suelo, y de la reforestación con especies nativas y propias de cada tipo de vegetación. Sin embargo, se deberá considerar que para el uso exitoso de las especies nativas propuestas en las Tabla VI.9 , Tabla VI.10 , Tabla VI.11, será indispensable profundizar sobre la biología, la ecología, la propagación y el manejo adecuado de las especies disponibles producto de las acciones de rescate.

Además, como parte de las acciones de restauración se debe considerar el nivel de afectación en la cubierta vegetal por cada obra (bancos de tiro, de préstamo y caminos de acceso); debido a que, los sitios con un nivel de deterioro relativamente leve podrían conservar los mecanismos naturales de regeneración o cicatrización como la presencia de un banco edáfico de semillas y estructuras vegetativas vivas, y un suelo aún fértil. Mientras que, un nivel de deterioro mayor podría requerir de manipulaciones que incluyen el mejoramiento ambiental del sitio mediante el uso de plantas mejoradoras de las cualidades del suelo y del microclima, combinada con la reactivación de la lluvia de semillas procedentes del rescate de zonas conservadas cercanas que fueron desmontadas.

La Imagen VI.47 ejemplifica las acciones de rehabilitación en un banco de tiro, en donde se han eliminado los factores de estrés (deterioro ambiental) y se han utilizado plántulas de especies nativas, que se han adaptado y desarrollado en diferentes estratos vegetales (herbáceo, arbustivo, y arbóreo).



Imagen VI.47 Panorama de la rehabilitación (acciones de restauración) antes y años después en un sitio utilizado como banco de tiro donde se realizan las debidas medidas de mitigación.

### ***Actividades a realizar en la Protección y Conservación de flora***

Se propone que el contenido de estos programas consideren los siguientes puntos:

- Selección de especies (solo nativas) para la reforestación.
- Metodología y formas de manejo de las diferentes especies a sembrar.
- Mantenimiento.
- Seguimiento y evaluación de la plantación.
- Indicadores de supervivencia.
- Medidas emergentes.

### **Metodología**

- Se debe contar con el personal adecuado y calificado para el manejo de especies vegetales. En este caso se requiere de personal especializado; un Ingeniero Forestal como encargado de la Reforestación, y de uno o varios técnicos (Biólogos especialistas en botánica) así como un grupo de jornaleros que ayuden a la realización del programa de Restauración.
- Implementar técnicas de propagación particulares, que garantice la obtención de plántulas y/o material vegetal para cada especie, en especial las que se encuentren NOM-059-SEMARNAT-2010, nativas y pertenecientes familias prioritarias para su conservación (se debe recordar que estos ejemplares se propagarán acorde a las Acciones de Rescate, Reubicación y Propagación descritas anteriormente.
- Ubicar las zonas adecuadas para la restauración y reforestación tanto para zonas templadas y cálidas. Dichas zonas deberán reunir ciertos criterios: Profundidad de suelo de por lo menos 30 cm, textura de suelo que permita una infiltración adecuada del agua (suelos no

compactados y textura adecuada), existencia de un estrato herbáceo que al menos alcance a cubrir el 80% del terreno.

Se deberá conocer el tipo de tenencia de la tierra de dichas superficies, para establecer un acuerdo de colaboración ya sea con los propietarios, o con la autoridad competente, que haga posible la realización de las tareas de reforestación.

Este programa debe estar en estrecha coordinación con los encargados de las Acciones de Rescate, Reubicación y Propagación descritas, así como de los encargados de Fauna para compensación de la pérdida de hábitats.

### **Ejecución**

- Los lugares donde se plantarán las especies vegetales, requiere de tres actividades principales de preparación: la limpieza o deshierbe, la marcación de los puntos para plantar y la excavación de los hoyos.
- Se deberá diseñar el trazado, distancia y método de plantación para la zona a reforestar, para facilitar los trabajos posteriores de mantenimiento y aclareo.
- El establecimiento de la plantación, el cual consiste en la apertura de cepas, siembra y apisonamiento.

### **Mantenimiento**

Se recomienda dar limpieza de maleza al menos 2 veces al año en forma de brechas, con ello se evita la pérdida de la plantación.

Deberá planificarse que la siembra de los ejemplares sea en una temporada de lluvias no extremas, no obstante de requerirse llevar a cabo la siembra en temporada de estiaje, se deberá contemplar el riego de los ejemplares una vez por semana para evitar la muerte de los mismos, en particular durante los 6 primeros meses después de realizar la siembra.

### **Seguimiento y evaluación de la plantación**

Se evaluará por la supervivencia de los individuos durante sus primeras etapas, después se realizará control de plagas y enfermedades.

### **Indicadores de supervivencia**

Se basan en el éxito del trasplante, los indicadores serán los siguientes:

- Superficie (ha)
- Ejemplares plantados en la reintroducción (plantas muertas y vivas).
- Supervivencia (%). Este indicador se expresa mediante evaluación técnica, en base al porcentaje de árboles que subsistieron al trasplante. Se realiza un censo un año después del

trasplante, verificando de manera directa el estado que guarda la reforestación. Entre los datos levantados en campo destacan los siguientes: Calidad de la planta (vigor), adaptación (el grado en que la especie plantada es adecuada al sitio), número de plantas vivas y muertas, así como las principales causas de muerte de las plantas en campo. Es importante recabar el dato de número de plantas vivas en el predio o área de reintroducción.

## VI.2.6 Factor Fauna

### M31 Acciones de Protección de Fauna

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Antes, durante y después de los trabajos de construcción y en la operación.

**Descripción:** dada la gran diversidad de fauna que fue corroborada en campo y que se caracteriza en su mayoría por estar asociada a hábitats en buen estado de conservación (como los presentes en el SAR y AI), y por la presencia de especies consideradas como prioritarias y en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010), **se deberán aplicar medidas de manera previa, durante y después** de las actividades que implica la realización del Proyecto. Las principales acciones se ubicarán antes y durante el desmonte y despilme, así como revisiones durante la realización de la obra para rescatar a los organismos de fauna presentes (principalmente de anfibios, reptiles, mamíferos medianos y pequeños) y reubicarlos a un sitio de condiciones ambientales similares a las originales. Para lograr esto, se deberán aplicar medidas encaminadas a su protección y conservación **bajo 4 ejes primordiales que se desarrollarán como programas individuales, con la finalidad de reducir los impactos sobre el componente fauna**, por lo tanto, se propone la *elaboración, instrumentación y aplicación de los siguientes programas:*

- Programa de Educación Ambiental y Señalización.
- Programa de Rescate y Reubicación de Fauna.
- Programas de Acciones de Conservación de Especies Prioritarias y en Riesgo (en la NOM-059-SEMARNAT-2010)
- ✓ **Monitoreo de felinos y sus presas**, donde se incluyen a los seis felinos de México, jaguar, (*Panthera onca*); ocelote, (*Leopardus pardilis*) y tigrillo, (*Leopardus wiedii*), los tres en Peligro de extinción; Jaguarundi, (*Puma yagouaroundi*), en categoría de Amenazado; *así como el Puma*, (*Puma concolor*), y *Lince o gato montés*, (*Lynx rufus*).
- ✓ **Monitoreo y medidas de protección de Guacamaya** (*Ara militaris*, en categoría de Peligro de extinción).
- ✓ **Monitoreo de nutria** o perro de agua (*Lontra longicaudis*, en categoría de Amenazada).
  - Programa de Corredores Biológicos y Diseño y Ubicación de Pasos de Fauna.



**M32** Pláticas de Educación Ambiental y Señalización (enfocadas a fauna)

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento
<b>Actividad de la obra:</b> Al inicio de los trabajos y durante toda la obra.	

**Descripción:** como ya se mencionó en la medida M1a, se realizarán pláticas a los trabajadores de la obra en las cuales se les establecerán las medidas que deben seguir de protección a la fauna, tal es el caso de no cazar, no molestar ni matar, a los animales y recurrir a los biólogos encargados del rescate en caso de encontrar animales en la zona de trabajo. Se les concientizará acerca de la importancia de la fauna silvestre y sobre la importancia del cuidado de la misma, procurando una retroalimentación con los conocimientos que ellos poseen; además se instalarán lonas alusivas a la protección y conocimiento de las especies nativas. Esta información puede ser colocada en el idioma más representativo del sitio (Mixe o Zapoteca) con lo cual se pretende genere mayor interés a los trabajadores.

Los resultados de los monitoreos (imágenes de las fototrampas, fotografías tomadas directamente de otros animales así como datos interesantes (número de guacamayas, número de nutrias, hábitos) se dará a conocer en pláticas abiertas a la comunidad, contándoles que animales tienen, los hábitos que tienen y haciendo hincapié que deben cuidarlos, sólo a partir del conocimiento de sus recursos naturales pueden surgir el interés de conservarlos. También se propone que con la información recabada, se realicen actividades ambientales con los niños (escuelas cercanas), talleres y juegos enfocados a la protección del ambiente.



Imagen VI.48 Imagen que muestra una lona en como parte de las acciones de rescate de fauna.

Retomando las zonas que se consideren importantes en los monitoreos se colocará señalética vertical permanente, informativa o preventiva, para los usuarios de la carretera. Este señalamiento deberá cumplir con las normas de la SCT para que pueda ser colocado en la carretera (*la descripción de los sitios de colocación de pasos de fauna y señalética se describieron en el Capítulo IV apartado IV.2.2.2.1.1 Corredores de mamíferos*).

### M33 Rescate y Reubicación de Fauna

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Previo al inicio del desmonte, durante el despalme y en las etapas de corte y excavaciones de la obra. Así como vigilancia constante a lo largo de toda la obra para realizar los rescates que sean requeridos.

**Descripción:** el rescate de individuos implica el traslado desde el sitio donde su hábitat será destruido hacia un lugar de condiciones similares y donde eventualmente puede existir otra población de la misma especie. En el programa se deberán considerar los siguientes aspectos:

**Especies a rescatar.** Se rescatará a la fauna silvestre que se encuentre en los sitios de apertura o de trabajos de la obra, se ubiquen o no dentro de alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Los organismos con restricciones de movimiento como anfibios y réptiles. Lagartijas, iguanas, serpientes, ranas y sapos han sido detectados continuamente en los sitios donde pasa el trazo, en el caso de tortugas se han observado en arroyos de piedra, incluso en caminos de acceso donde se forman charcos por las lluvias (ver Tabla VI.12).

No se realizará rescate de aves, ni mamíferos grandes (felinos, cérvidos, etc.); se estima que los mamíferos de mayor tamaño como estos, se alejarán del sitio al presentar movimiento de maquinaria y presencia humana, **no obstante se deberá tener vigilancia sobre los mamíferos arborícolas como el puerco espín (*Sphiggurus mexicanus*, Amenazado), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*, Peligro de extinción), ardilla voladora (*Glaucomys volans*, Amenazada), entre otros, que pueden refugiarse en las copas de los árboles y deberán ser rescatados.** Otros organismos como armadillos, zorrillos, ardillas también pueden quedar atrapados por las diversas actividades (como excavaciones), deberán también aplicarse acciones de rescate en esos casos.

Para las aves se hará protección de nidos, principalmente de especies en la NOM-059-SEMARNAT como son: los psitácidos (loro frentiblanco (*Amazona albifrons*, sujeta a Protección especial) y el perico frente naranja, (*Aratinga canicularis*, también sujeto a Protección especial), y las rapaces (como Aguililla Swainson (*Buteo swainsoni*); Aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*); Aguililla negra mayor (*Buteogallus urubitinga*) y Aguililla aura (*Buteo albonotatus*), las cuales fueron observadas en campo y se ubican bajo Protección especial), de estas debe evitarse derribar árboles con nidos activos y ahuyentar las aves que estén en el sitio. También especies como los correcaminos

(que se vieron de manera constante en las visita de campo), el equipo de rescate de fauna se deberá cerciorar que hayan abandonado los sitios de trabajo.

Para el caso particular de la **Guacamaya verde** (*Ara militaris*, en Peligro de extinción) se implementarán medidas específicas para los sitios de descanso y probable reproducción (en el Cerro Coyul) las cuales se detallan en el apartado **M34b**.

Dentro de las especies reportadas en campo, que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT y que por sus ámbitos pueden ser encontrados con mayor probabilidad por lo que son más susceptibles de rescate (anfibios y reptiles) se muestran en la tabla 12, **para conocer el listado total de especies de fauna reportados en campo y el listado de probable ocurrencia ver el Capítulo IV de esta MIA y el Anexo VIII correspondiente.**

Tabla VI.12 Tabla Listado de especies de anfibios y reptiles dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT observados en campo.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO
<b>REPTILES</b>			
<i>Ctenosaura oaxacana</i>	Iguana	A	Endémica
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	A	Endémica
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	Lagarto escorpión texano	Pr	-
<i>Anolis isthmicus</i>	Anolis tehuano	Pr	Endémica
<i>Phrynosoma braconneri</i>	Camaleón de cola corta	Pr	Endémica
<i>Boa constrictor</i>	Boa, mazacoa, mazacuata	A	-
<i>Leptodeira maculata</i>	Culebra ojo de gato del suroeste	Pr	Endémica
<i>Leptophis diplotropis</i>	Culebra perico gargantilla	A	Endémica
<i>Salvadora intermedia</i>	Culebra parchada oaxaqueña	Pr	Endémica
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra listonada cuello negro	A	-
<i>Rhinoclemmys rubida</i>	Tortuga de monte payaso	Pr	Endémica
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Tortuga pecho quebrado labios blancos, tortuga casquito	Pr	-
<b>ANFIBIOS</b>			
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	Rana de árbol de Schultze	Pr	Endémica
<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana	Pr	-

**Metodología.** Se debe contar con el personal adecuado y las técnicas de manejo que garanticen la seguridad de los organismos. (Herpetólogo, Mastozoólogo, Ornitólogo) y ayudantes. Se debe tomar en cuenta los horarios de mayor actividad de los especímenes a rescatar y en las técnicas de manejo

para cada uno de los grupos de rescate, en particular de herpetofauna debido a que es el grupo en que se centrarán las acciones de rescate.

**Bitácora.** En esta se llevará un control de datos de los organismos que sean rescatados y reubicados, así como otras observaciones que se consideren relevantes.

**Reubicación.** Se caracterizarán los sitios en los que se encuentran las especies por reubicar y también la de los sitios potenciales para la liberación de fauna. Para hacer una correcta ubicación de sitios propicios para la reubicación se debe considerar algunos aspectos como:

- Tipo de vegetación
- Cobertura, estructura y composición vegetal
- Calidad y cantidad de recursos
- Área del hábitat de reubicación
- Mismo grado de perturbación
- Distancia a cuerpos de agua
- Distancia relativa al sitio de captura
- Grado de influencia del proyecto en el sitio de liberación.

El rescate debe realizarse antes del inicio de los trabajos (particularmente de desmonte y despalme) en todos los sitios que requieran apertura, ya sean caminos de acceso, bancos de tiro y de material, sitios de obras provisionales y asociadas, derecho de vía, líneas de ceros apertura de accesos a la carretera así como a las obras como miradores, rampas de frenado, y paradores.

Los organismos rescatados deberán ser reubicados lo más pronto posible, para evitar estrés de los ejemplares e incluso su muerte, se recomienda que los animales sean reubicados al menos a 1 km de distancia del trazo. Los datos de los animales rescatados (especies, coordenadas del sitio donde se encontraron y en el que se reubicaron, entre otras que se consideren de relevancia), se registrarán en una bitácora para la posterior elaboración de bases de datos. La contención o inmovilización química y física no se considera viable, ya que no se hará captura de mamíferos mayores ni medianos. Las actividades y la presencia humana los ahuyentará; sólo se rescatarán en caso de que estén heridos o atrapados y no puedan desplazarse por sí mismos. Ningún organismo tendrá como fin la exhibición, venta, fuente de alimentación, obtención de pieles, o medicina tradicional. Para el caso de los peces, se debe verificar que en los sitios de extracción de agua no exista la presencia de peces, si existieran se deberán colocar mallas que eviten la afectación a los mismos.

**Calendarización.** Las actividades se programarán de acuerdo al cronograma general de la obra y se coordinarán con la realización previa y durante a los trabajos de desmonte y despalme principalmente, con el tiempo y personal suficiente para liberar los tramos ya que puede que el trabajo requiera diferentes frentes de obra. El personal encargado del rescate de fauna deberá estar presente en toda la obra.

**M34 Acciones de Conservación de Especies Prioritarias y en Riesgo (en la Nom-059-SEMARNAT-2010)**

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b>	Preobra y postobra: previo a los inicios de desmonte y despalme y cuando la carretera este en operación.	

**Descripción:** la base del desarrollo y elaboración de estas acciones son los monitoreos de especies que destacan por su importancia al considerarse prioritarias a nivel Nacional (ver Capítulo IV), tal es el caso de la **guacamaya verde** [(*Ara militaris*), que se encuentra en categoría de Peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010]; **los 6 felinos de México**, [el jaguar, (*Panthera onca*); el ocelote, (*Leopardus pardalis*) y el tigrillo, (*Leopardus wiedii*), los tres en categoría Peligro de Extinción]; el jaguarundi, [(*Puma yagouaroundi*), en categoría de Amenazado]; el puma, (*Puma concolor*) y el lince o gato montés, (*Lynx rufus*)], así como otras especies de importancia ecológica como **la nutria o perro de agua** (*Lontra longicaudis*, en categoría de Amenazado), entre otros.

*A. militaris* y *L. longicaudis* son especies indicadoras de la buena calidad del hábitat, responden de una forma particular a los cambios en su ambiente y reflejan las alteraciones en su medio al ser objeto de monitoreos adecuados (Mace et al., 2007).

En el caso de *P. onca* es una especie sombrilla, su conservación confiere protección a un gran número de especies que cohabitan con ellas (Roberge y Angelstam, 2004). La presencia de estas especies ya está comprobada dentro del SAR y AI y potencialmente se verán afectadas por el proyecto de diferentes maneras. Por ello, es importante contar con información acerca del estado actual de las poblaciones, los sitios de importancia de estas especies, así como el seguimiento de sus poblaciones a lo largo del desarrollo del proyecto, ésta es la mejor forma de compensar los efectos negativos y aplicar la medidas de mitigación más adecuadas. Por tanto el Programa de Acciones de conservación de especies prioritarias y en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) deberá incluir:

- Monitoreo de felinos y sus presas (M34a)
- Monitoreo y medidas de protección para la guacamaya verde (M34b)
- Monitoreo y medidas de protección para Nutria o perro de agua (M34c)

Las cuales se describen a continuación:

-M34a. Monitoreo de felinos y sus presas

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b> Antes, durante y después de la construcción de la carretera.	

**Descripción:** es de suma importancia elaborar estrategias de mitigación para los seis felinos de México, **jaguar**, [(*Panthera onca*, (P)]; **ocelote**, [*Leopardus pardilis*, (P)]; **tigrillo**, [*Leopardus wiedii*, (P)]; **jaguarundi**, [*Puma yagouaroundi*, (A)<sup>12</sup>]; **puma**, (*Puma concolor*), y **lince o gato montés**, (*Lynx rufus*), mismos que fueron reportados en diversos corredores de fauna en este proyecto. Estas medidas deberán ser adecuadas, oportunas y deben permitir a las poblaciones de felinos y sus presas, *mantener sus corredores naturales y continuar habitando en la zona de tal forma que se aseguren la continuidad de sus ciclos biológicos, así como evitar una mayor fragmentación del hábitat, y el aislamiento de sus poblaciones. Para lograr esto es necesario obtener información acerca de sus poblaciones actuales y de la distribución de estas especies (monitoreos), así como de los corredores biológicos (M35) y puntos potenciales de cruce sobre la futura carretera.* Estos monitoreos se deberán realizar por un año para abarcar todos los cambios estacionales del sitio.



Imagen VI.49 Ejemplar de jaguarundi, (*Puma yagouaroundi*, especie Amenazada), registrado en las fototampas durante el muestreo en corredores de desplazamiento de fauna cercanos al Río Tehuantepec.

**Dentro del monitoreo será necesario considerar a las presas naturales de los felinos, de las cuales dependen para su subsistencia**, obteniendo igualmente datos de abundancias, distribución, zonas de actividad y corredores biológicos. Todo ello debe realizarse principalmente con técnicas de fototrampeo (es una actividad poco invasiva y que permite generar diferente información) apoyada con técnicas indirectas, como el rastreo (huellas y excretas).

<sup>12</sup> Categorías de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana Nom-059-SEMARNAT-2010: P: Peligro de extinción; A: Amenazada; Pr: bajo Protección Especial.



Aunque estas acciones están enfocadas a felinos y presas, también servirá para detectar otros animales en riesgo (las fototrampas registrarán todos los animales que pasen frente a ellas), ejemplo es el viejo de monte (*Eira barbara*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*). Es por esto que este tipo de actividades de monitoreo serán parte o se complementan al detectar los Corredores Biológicos y diseño y ubicación de Pasos de Fauna (medida de mitigación M35).

Como ya se mencionó, la información se deberá recabar al menos por un año (con lo cual se abarcan los cambios estacionales sobre todo en la selva baja caducifolia, que tiene variaciones drásticas entre la temporada lluviosa y la seca y que influyen grandemente en la actividad y movimientos de los animales), y deberán realizarse todo el tiempo que dure la obra, dándole seguimiento al movimiento y presencia de estos animales y a los sitios que se consideran importantes, para poder llevar a cabo la instalación y habilitación de pasos de fauna, señalización o modificación de estructuras que permitan el libre paso de los felinos.

Al término de la obra, deberá evaluarse la eficacia de la colocación de los pasos de fauna o de las adecuaciones hechas en las obras, así como detectar sitios de atropellos (sitios de mayor frecuencia y especies afectadas). Con estos datos se podrá comparar sus zonas de distribución actuales y sus variaciones al colocar la carretera.

**-M34b. Monitoreo y medidas de protección para Guacamaya**

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b>	Durante toda la obra y las medidas que se coloquen de forma permanente deberán contar con mantenimiento hasta después de iniciar las actividades de la carretera.

**Descripción:** el sitio es de suma importancia, es una zona de descanso y de forrajeo, y muy probablemente zona de anidación de la especie **Guacamaya verde, Ara militaris** catalogada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 en Peligro de Extinción. Los monitoreos aportarán datos muy valiosos, ya que sería la segunda población reproductiva confirmada y reportada para el estado de Oaxaca. Características como su dieta especializada, bajas densidades, tasas de reproducción bajas, así como, la pérdida acelerada de su hábitat y el tráfico ilegal, hacen que sus poblaciones en México se encuentren entre las especies de mayor riesgo, tendientes a la declinación.

Por medio de los monitoreos se busca conocer de manera particular:

- Las actividades que las guacamayas desarrollan en la zona y las áreas de mayor importancia para estas actividades (descanso, alimentación y/o reproducción) y como se mueven dentro de la zona (el tipo de actividad detectada en cada sitio implicará diferentes medidas a seguir para su protección).
- El número de organismos a lo largo del año, detectando las fluctuaciones y ayudándonos a conocer la temporada de mayor actividad y la de menor.

- Al ser selectivas y especialistas en su alimentación, se deberán conocer cuáles son las especies vegetales (y las partes de estas que consumen) en la zona, lo cual nos ayudará conservar el recurso alimenticio de las guacamayas, por medio de la reforestación en sitios adecuados y congruentes para la actividad de estas aves (ya se cuenta con un listado de algunas plantas que se ha visto en otras zonas como la de Tehuacán-Cuicatlán que sirve como referencia, sin embargo es importante determinar en este sitio específico cuales son las especies vegetales preferidas).
- Determinar que especies de psitácidos además de *A. militaris* existen en la zona y sus áreas de actividad, para prevenir afectaciones durante la construcción ya que la conservación de este grupo de aves es prioritario en México.

#### **Protección de los sitios de descanso y probable reproducción de guacamaya (*A. militaris*).**

Se propone la implementación de una estructura anti luz que cumpla con las características de las mallas centrales que reducen la luz a los conductores. Dichas mallas tendrán la altura y características que permitan el transporte de la carga viva para la cual está destinada la carretera. La estructura se colocará de manera particular en los cadenamientos que van del 128+100 al 131+500 ya que en esta zona se encuentra un sitio de descanso y probable reproducción de la guacamaya verde, sitio que es denominado “Cerro Coyul”.



Imagen VI.50 Observación de 10 ejemplares de *Ara militaris* durante los muestreos frente al Cerro Coyul.

Con la colocación de esta malla se pretende eliminar la “línea de luz” que a distancia puede ser percibida por los individuos de esta especie y que podrían alterar su comportamiento durante horarios nocturnos.

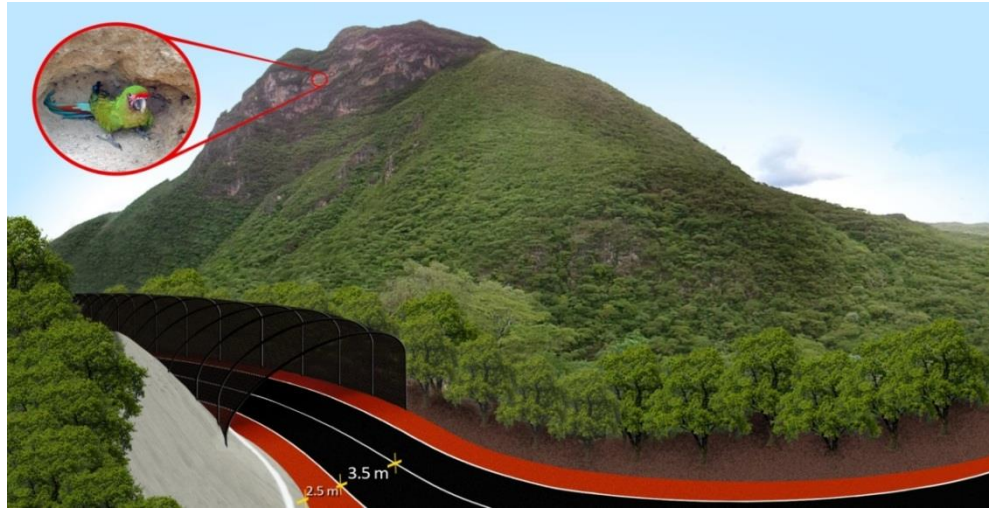


Imagen VI.51 Imagen que muestra malla anti luz. Para el caso de la zona del 128+100 al 131+500 esta malla será tipo túnel para que la luz de los carros no se vea desde lo alto del cerro Coyul.

También para esta especie, como compensación se propone que en función de los monitoreos de, se detecten sitios viables y adecuados, para rehabilitar con plantas con las que se alimenta la guacamaya. Dichos sitios deberán ser evaluados por los especialistas en estas aves.

**-M34c. Monitoreo y medidas de protección para Nutria o perro de agua**

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b> Antes, durante y después de la construcción de la carretera.	

**Descripción:** las nutrias son especies sensibles a la modificación y contaminación de los cuerpos de agua que habitan, principalmente al verse reducido el número y disponibilidad de presas potenciales (Crustáceos y peces esencialmente). La reducción de las poblaciones de nutrias o su desaparición es una señal de alteración a las condiciones de los sistemas acuáticos. Su situación se vuelve delicada considerando la disminución de hábitat adecuado, lo cual se suma con otras amenazas, aumentando el riesgo de desaparición local de esta especie. **Es por esto que las medidas de protección ante la caída de sedimento en la realización del as diferentes obras es fundamental para la protección de esta especie;** así mismo para asegurar la permanencia de las poblaciones de nutria, se requiere de monitoreos que constituyen la mejor herramienta para determinar las posibles afectaciones de la construcción y existencia de la carretera y las medidas adecuadas para mitigarlos; con ellos se busca:

- Conocer el tamaño de la población actual. Se cuenta con un estimado de densidad poblacional basado en los datos de tres meses de registros, sin embargo para tener datos más certeros acerca del tamaño de la población se requiere recabar datos al menos un año (el cual incluirá ambas temporadas lluviosa y seca).

- Conocer las especies de presas potenciales y las condiciones del sitio y los parámetros (como la calidad del agua, características del río) que hacen posible la existencia de la nutria, así como las variaciones naturales existentes a lo largo del año. Esto ayudará a conocer las condiciones que deben permanecer para no afectar a las presas potenciales (peces, crustáceos, anfibios, etc.) y por tanto de manera indirecta a la nutria.

La realización de monitoreos también pretende involucrar gente de las comunidades cercanas, que acompañan a los biólogos en las actividades, lo cual, no sólo incluye la capacitación sino la participación activa y de esta manera generar en esas personas las habilidades necesarias y el interés para continuar en un futuro con los monitoreos en la región, ayudando a asegurar las medidas de mitigación a largo plazo y apoyar con la labor de concientización y educación ambiental.

**En función de los monitoreos realizados se detectaron 24 sitios de relevancia para la nutria (cadenamientos 128+719.23; 129+450; 129+750; 130+477.02; 130+890; 134+647.25; 135+400; 135+821.11; 137+000; 137+389.31; 138+700; 142+080; 144+100; 144+700; 145+300; 147+000; 148+752.76; 149+420; 149+785.43; 152+400; 153+450; 157+529.74; 160+536.58; 161+430.12 descritos en la medida 34c), identificados con base en la presencia de madrigueras, letrinas, mayor registro de huellas y pozas; la cercanía y ubicación de estos sitios permitió la agrupación de 6 tramos de mayor relevancia a lo largo del Río Tehuantepec que se encuentran entre los cadenamientos: 127+800 al 138+400; 143+100 al 144+500; 146+000 al 150+800; 152+500 al 154+500; 156+900 al 158+500; 159+500 al 162+400.**

*El monitoreo de las especies mencionadas (felinos y sus presas, guacamaya verde y nutria) (se mantendrá durante todo el tiempo que duren las actividades de construcción y durante dos años después del inicio de la operación de la carretera, para determinar el estado en el que queda la población de especies prioritarias y durante ese tiempo generar y aplicar medidas emergentes con el objetivo de disminuir las afectaciones que puedan ser detectadas.*

*La información generada en los monitoreos deberá ser ingresada a colecciones científicas, (únicamente moldes de huellas y fotografías, nunca organismos ni partes de ellos) y publicada. Esto es de suma importancia al considerar la carencia de información específica de la fauna de la región, y de esta forma estará disponible para ser consultada y difundida. Se sugiere incluir el registro de herpetofauna durante el desarrollo de los monitoreos, registrándola fotográficamente e identificándola ya que ha sido poco explorada la zona y existe un vacío de información, además destacan por ser en su mayoría especies endémicas o en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) lo que las hace particularmente importantes.*

Para registros de mamíferos pueden vincularse con instituciones como:

OAXMA-043, Colección Regional Mastozoológica de Oaxaca<sup>13</sup> (registrada en SEMARNAT desde 1996), perteneciente al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) -Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

### M35 Detección de Corredores Biológicos y Diseño y Ubicación de Pasos de Fauna

<b>Tipo:</b>	<b>RD</b>	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b>	Antes y durante los trabajos de construcción. Corroboración de corredores biológicos y modificación de obras hidráulicas como pasos de fauna.	

**Descripción:** la finalidad de estas acciones será dar continuidad del hábitat y el movimiento de los organismos (disminuir el efecto barrera), así como reducir los atropellos de fauna mediante la instalación o modificación de obras para que sirvan como pasos de fauna.

Para la realización de esta MIA, se cuenta con datos que exponen registros de un año de muestreo, con los cuales se generaron las medidas de mitigación que permitirán aumentar el paso de la fauna a través de la obra carretera en sitios que son corredores naturales de fauna. **Estos sitios son de alta importancia, ya que no sólo muestran la alta diversidad del sitio y movimiento de especies, también denotan una clara existencia de corredores de felinos, ya que se reporta la existencia en el sitio de las 6 especies de felinos reportadas para México, jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), jaguaroundi (*Herpailurus yaquouroundi*), puma (*Puma concolor*), y gato montés (*Lynx rufus*), de los cuales el jaguar, el ocelote y el tigrillo, se encuentran en Peligro de extinción y el jaguaroundi en categoría de Amenazado. Dichas especies (como el caso del jaguar), son clave para generar acciones de protección y conservación por la cadena trófica y extensiones de sitios conservados que requieren para su desplazamiento, hábitat y desarrollo. Aunado a estas especies, a lo largo del trazo y en sus corredores se reportan otras 28 especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en categorías de Peligro de extinción, Amenazadas y Bajo protección especial, que de igual forma, requieren atención en la implementación de medidas de mitigación en todas las etapas que conlleva la obra carretera, como son: contar con pláticas de educación ambiental y señalización (enfocada a fauna, M32), para generar conciencia en todo el personal de la obra sobre las especies que se pueden encontrar y el manejo que debe darse a estos animales y las implicaciones que conlleva el hacer caso omiso a las medidas de mitigación; así como llevar a cabo el Rescate y reubicación de fauna (M33), donde las actividades para evitar afectar a la fauna serán previas al desmonte y durante el despalme, sin dejar de lado la revisión**

<sup>13</sup> OAXMA-043 se encuentra en Calle Hornos No. 1003. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Dirección electrónica: [www.cidiroax.ipn.mx](http://www.cidiroax.ipn.mx)



y rescate constante en sitios de paso de maquinaria y vehículos tanto en el derecho de vía como en caminos de acceso.

El análisis de registros de corredores de fauna y las estructuras de la obra permitió, mostrar los *sitios que requieren de la **modificación o ampliación de estructuras hidráulicas** para que funcionen como pasos de fauna sin comprometer su funcionalidad hidráulica o bien, así como los sitios que al no contar con obras hidráulicas que se pudieran adaptar para paso de fauna, requieren de la **construcción de estructuras que permitan únicamente el paso de fauna, es decir sitios donde se deberán realizar pasos de fauna específicos.*** (El análisis completo, registro de especies y totales de corredores y pasos de fauna, se muestran en el **Capítulo IV de esta MIA**).

Como se describió en el Capítulo IV en el apartado de fauna, para el análisis de pasos de fauna se llevó a cabo una *Modelación de corredores potenciales de desplazamiento de fauna con el análisis de conectividad (modelo de análisis de conectividad o ruta de menor costo)*, en donde de acuerdo a la ruta de menor costo, se originaron 124 corredores potenciales de desplazamiento de fauna silvestre, que fueron evaluados en campo con muestreos de diferentes grupos taxonómicos (mamíferos, aves, anfibios y reptiles), a través de métodos directos e indirectos, más 15 corredores con registros de pasos de fauna detectados en el campo, lo que dio **un total de 139 corredores ubicados en el eje del proyecto Mitla-Tehuantepec; además se detecta como un gran corredor al Río Tehuantepec, ya que muchos de los registros indirectos se encontraron sobre el margen del Río.** Estos resultados mostraron un listado de obras que son relevantes por la presencia de fauna en los sitios; dichas estructuras reducirán el atropello y la conectividad de la fauna de un lado a otro de la carretera. La continuación de esta medida de mitigación deberán estar en estrecha vinculación con la realización de los "Monitoreos de felinos y presas".

Con la información del muestreo de corredores de fauna se obtuvo como resultado que para mantener la permeabilidad en el ecosistema, 56 corredores requieren de: **7 construcciones nuevas, 47 obras que requieren modificación y 4 obras necesitaran ampliación, lo que corresponde a la transformación de 58 obras (el listado de obras con modificación es se muestra a continuación.**

De estas medidas de mitigación para pasos de fauna **sobresalen las modificaciones e importancia del nombrado "Corredor 6"**, el cual será atravesado por la carretera en tres diferentes puntos y que en el registro de especies encontradas muestra un total de 11 especies de animales de diferentes grupos terrestres; de éstos, dos mamíferos se encuentran en peligro de extinción, el jaguar (*P. onca*) y el ocelote (*L. pardalis*), además el cacomixtle tropical (*Bassariscus sumichrasti*), que se encuentra en categoría de Amenazado. Además, el corredor muestra la presencia de otra especie de talla mayor vinculada al jaguar por ser una de sus presas, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).



Los sitios de ubicación de las estructuras a modificar, ampliar o construir para que funcionen potencialmente como pasos de fauna, se muestran a continuación se muestran los totales de modificación de estructuras a realizar:

Tabla VI.13 Estructuras de nueva **CONSTRUCCIÓN** (construcción de pasos de fauna específicos)

# CORREDOR DE FAUNA	CADENAMIENTO O CORREDOR	COORD DEL CORREDOR X	COORD DEL CORREDOR Y	TIPO DE OBRA EN PROYECTO (PLANTA)	CADENAMIENTO DONDE SE DEBERÁ COLOCAR LA ESTRUCTURA	ESTRUCTURA A REALIZAR (metros)	CANTIDAD DE ESPECIES REGISTRADAS	# ESPECIES EN NOM-059
4	76+484.32	162416	1878801.92	-	76+484.32	C- 4X2.5	10	3
6	78+955.55	164631.4	1878837.4	-	78+800	Estructura con dimensiones mínimas en rangos de 10-15 x 3.5 m, de preferencia <u>mayor</u>	8	2
6	79+090.01	164273.36	1878772.54	-	79+400	Estructura con dimensiones mínimas en rangos de 10-15m x 3.5m, de preferencia <u>mayor</u>	8	3
27	93+455.25	172532	1871372.16	-	93+455.25	Caja 6 x 3	3	-
39	102+521 102+543	176742.89 176756.01	1868812.74 1868826.87	-	102+560.3	Caja de 6 x 3	6	1
44	106+350	178834.95	1866955.1	-	106+360	Caja de 6 x 3	4	-
83	527+640	194421.72	1857967.38	-	527+640	Caja 6 x 3 m	7	2

Tabla VI.14 Estructuras que requieren **AMPLIACIÓN**

# Corredor de fauna	Cadenamiento o corredor	Coord del corredor x	Coord del corredor y	Tipo de obra en proyecto (planta)	Cadenamiento donde se deberá colocar la estructura	Estructura a realizar (metros)	Cantidad de especies registradas	# especies en nom-059
3	75+644.15	161818.54	1878636.34	B-4.0x3.0 m	75+842.8	Bóveda 6 x 3	7	2
102	147+166.98	209831.43	1850209.6	B- 3.0 x 2.0	147+247.42	Bóveda 4.5 x 3	8	3
117	160+011.17	220452.46	1846092.11	B-3.0x2.0 m	159+963.6	Bóveda 6 x 3	3	1
115	158+118.78	219963.53	1846778.93	B-3.0x2.0 m	158+063.13	Bóveda 6 x 3	1	1

Tabla VI.15 Estructuras que requieren **MODIFICACIÓN**

# Corredor de fauna	Cadenamiento corredor	Coord del corredor x	Coord del corredor y	Tipo de obra en proyecto (planta)	Cadenamiento donde se deberá colocar la estructura	Estructura a realizar (metros)	Cantidad de especies registradas	# Especies Nom-059
2	75+180	161473.61	1878326.29	2Tc-1.50 m ø	74+901.6	Caja de 6 x 2	4	-

# Corredor de fauna	Cadenamiento corredor	Coord del corredor x	Coord del corredor y	Tipo de obra en proyecto (planta)	Cadenamiento donde se deberá colocar la estructura	Estructura a realizar (metros)	Cantidad de especies registradas	# Especies Nom-059
4	76+369.69	162522.53	1878773.01	2Tc-1.50 m	76+360.8	Caja de 4 x 2.5	9	3
6	78+553.34	165087.91	1878468.1	Tc-1.50 m	78+554.6	Obra con dimensión 10-15x3.5	11	3
9	82+240	167717.28	1878257.19	Tc-1.20 m	82+270.00	Caja de 6 x 3	4	-
10	82+990	208170.52	1850789.75	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	82+982.8	Ambas obras de Caja de 6 x 3	4	-
11	82+990	168335.67	1877855.1	Tc-1.50 m Ø	82+998	Ambas obras de Caja de 6 x 3	4	-
16	84+100	169345.77	1877448.02	Tc-1.50 m	84+095	Caja de 6 x 3	2	-
17	86+830	171774.47	1876997.13	TL-2.90 m Ø	86+920	Caja de 6 x 3	1	-
23	89+930	172012.21	1874527.92	2Tc-1.50 m Ø	89+749	Caja de 6 x 3	4	-
29	94+879.70	172923.44	1870451.45	2 TC-1.50 m Ø	94+911.30	Caja de 6 x 3	2	-
33	98+134.89	175602.18	1870961.33	TC-1.50 m Ø	98+325.50	Caja de 6 x 3	6	1
37	101+231.17	177540.87	1869640.2	Tc-1.50 m Ø	101+161.6	Caja de 6 x 3	8	1
48	108+321.21	180139.32	1865978.33	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	108+289.5	Caja de 6 x 3	8	-
55	110+716.85	181385.71	1864404.36	Tc-1.50 m Ø	110+780	Caja de 6 x 3	7	-
60	112+519.71	182704.88	1864223.42	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	112+563	Caja de 6 x 3	5	-
63	114+993.53	184661.9	1863276.4	Tc-1.50 m	114+935	Caja de 6 x 3	4	-
65	115+957.48	185215.26	1862897.82	Tc-1.50 m Ø	116+076.8	Caja de 6 x 3	1	-
75	122+400	189415.52	1859205.27	2Tc-1.50 m	122+409.8	Caja de 6 x 3	3	-
76	123+589.34	190379.51	1858468.66	Tc-1.50 m	123+578.1	Caja de 6 x 3	8	4
77	124+633.33	190964.97	1858897.66	Tc-1.50 m Ø Muros de Anclaje	124+720	Caja de 6 x 3	9	4
79	125+200	191513.36	1858807.08	Tc-1.50 m	125+222	Caja de 6 x 3	5	-
81	127+127.58	193314.44	1859013.06	Tc-1.50 m Ø	127+197.5	Caja de 6 x 3	6	3
84	127+800	194542.44	1857872.19	3Tc-1.50 m	527+758.7	Caja de 6 x 3	9	3
90	135+556.38	201037.62	1855559.62	Tc-1.50 m	135+540.00	Caja de 6 x 3	10	4
104	147+440	210104.2	1850205.95	2Tc-1.50 m	147+431.88	Caja de 6 x 3	7	3
106	150+150	212373.88	1849354.6	Tc-1.50 m	150+140	Caja de 6 x 3	10	3
111	154+460	215990.02	1847452.41	2Tc-1.50 m	154+443.50	Caja de 6 x 3	9	1
113	157+529.84	218803.22	1847035.91	Tc-1.50 m Ø	157+543	Caja de 6 x 3	4	1
39	102+596.57 102+614 102+680	176810.13 176828.66 176843.75	1868885.13 1868905.07 1868921.32	Tc-1.50 m	102+670.3	Caja de 6 x 3	7	1
M	159+424.68	220005.79	1846472.83	Tc-1.50 m Ø	159+332.28	Caja de 4 x 2.5	5	1
118	160+418.43	220698.99	1845780.86	2Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	160+340	Caja de 4 x 2.5	3	1
46	107+200	179273.2	1866654.42	Tc-1.20 m Ø	107+254	Caja de 6 x 3	3	-

# Corredor de fauna	Cadenamiento corredor	Coord del corredor x	Coord del corredor y	Tipo de obra en proyecto (planta)	Cadenamiento donde se deberá colocar la estructura	Estructura a realizar (metros)	Cantidad de especies registradas	# Especies Nom-059
53	108+980	180732.71	1865837.04	Tc-1.50 m	109+048	Caja de 6 x 3	8	-
62	113+986 113+989 114+006.81	183565.12 183566.86 183597.12	1863408.56 1863408.88 1863414.97	2Tc-1.50 m	114+038.4	Caja de 4 x 2.5	6	1
71	119+216 119+235.86	187563.65 187543.49	1860697.5 1860720.28	Tc-1.20 m	119+300 (119+315)	Caja de 6 x 3	3	-
E	122+860	189826.71	1859115	Tc-1.20 m	122+867.3	Losa de 6 X 2.5	4	-
F	124+041 124+033	190585.5 190580.8	1858562.25 1858555.24	Tc-1.50 m Ø	124+026	Caja de 6 x 3	8	3
103	147+302.86	209967.61	1850208.09	Tc-1.20 m	147+340	Caja de 4 x 2.5	8	3
24	91+193.15	171886.88	1873437.2	Tc-1.50 m	91+186.50	Caja de 6 x 3	2	-
25	91+363.36	171886.88	1873289.22	2Tc-1.50 m	91+365.70	Caja de 6 x 3	2	-
34	98+509.38	175772.11	1870637.78	2 TC-1.50 m Ø	98+763.70	Caja de 6 x 3	2	-
36	100+589.57	177001.39	1869472.02	Tc-1.50 m Ø	100+661.3	Caja de 6 x 3	2	-
42	104+195	176856.5	1867682.83	Tc-1.50 m	104+126.2	Caja de 6 x 3	3	-
C	122+615.22	189643.57	1859248.05	Tc-1.50 m Ø	122+605	Caja de 4 x 2.5	1	-
G	124+494.41	190811.66	1858918.06	Tc-1.50 m Ø	124+534.2	Caja de 6 x 3	8	4
115	159+109	219303.35	1847330.8	Tc-1.50 m Ø Muros de anclaje	159+036	Caja de 6 x 3	1	1
81	126+587	192776.48	1858983.5	Tc-1.20 m	126+574	Caja de 6 x 3	7	3

Tabla VI.16 Sitios de COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA

# Corredor de fauna	Cadenamiento Corredor	Coord del corredor X	Coord del corredor Y	Tipo de obra en proyecto (planta)	Cadenamiento donde se deberá colocar la estructura	Cantidad de Especies registradas	# especies en NOM-059
44	106+654.25	178538.11	1867021.52	ninguna	No existe obra	4	-
45	106+813	179062.37	1866843.27	ninguna	No existe obra	3	-
	106+912.98	178986.21	1866907.48	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro Der.	106+950	3	-
51	108+800	180586.22	1865940.05	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	108+800.00	9	-
74	121+880	189089.27	1858842.2	Tc-1.20 m Ø Caja de entrada	121+846.5	3	-
6	78+656.94	164732.76	1878746.4	ninguna	No existe obra	11	3
8	81+770	167286.23	1878446.8	ninguna	No existe obra	5	-
22	89+000	172070.83	1875298.5	ninguna	No existe obra	5	1
38	101+420.84	177640.01	1869489.87	ninguna	No existe obra	1	-

# Corredor de fauna	Cadenamiento Corredor	Coord del corredor X	Coord del corredor Y	Tipo de obra en proyecto (planta)	Cadenamiento donde se deberá colocar la estructura	Cantidad de Especies registradas	# especies en NOM-059
47	108+006.03	179880.26	1866096.99	ninguna	No existe obra	8	-
52	108+919.91	180676.3	1865859.87	ninguna	No existe obra	4	-
54	110+497.62	181166.3	1864768.66	Tc-1.20 m Ø	110+432	7	-
66	116+372.89	185374.86	1862777.07	ninguna	No existe obra	2	-
83	527+622.71	194425.63	1857960.9	Tc-1.50 m Ø	527+536.1	7	2
85	130+680	197096.22	1857182.38	Tc-1.50 m Ø Caja y Muro de contención	130+660.00	18	4
J	131+613.51	197451.4	1856424.54	Tc-1.20 m Ø Caja y Muro de cont.	131+580	20	5
92	137+867.51	202842.25	1854092.9	ninguna	No existe obra	14	6
93	139+276.22 139+278.26	203953.06 203917.23	1854111.18 1854135.89	2Tc-1.50 m Ø Muro de Contención	139+268.9	14	5
105	148+208.05	210838.66	1849999.69	ninguna	No existe obra	9	3
L	157+050.45	218494.23	1846677.4	ninguna	No existe obra	3	1
120	162+840.93	222483.08	1844381.16	ninguna	No existe obra	1	1

**Por lo tanto el programa de pasos de fauna deberá incluir:**

- Determinación de especies de referencia (a que especies van dirigidos los pasos de fauna).
- Selección de los cruces de fauna y sitios para la ubicación de los pasos de fauna (o habilitación de obras).
- Verificación del diseño y ubicación de estructuras (dimensiones, tipo) de acuerdo a las especies a las que van dirigidas.
- Descripción de las adecuaciones.
- Al término de la obra, cuando ya esté en operación la carretera deberá evaluarse la eficacia de los pasos de fauna (o las adecuaciones hechas en las obras hidráulicas para habilitarlas como pasos de fauna), y los atropellos (sitios de mayor frecuencia y especies afectadas) como se describe en el apartado *M35a Verificación de la funcionalidad de los Pasos de Fauna*.
- Una vez detectados los problemas que causan mortalidad en la carretera o que impidan el uso de los pasos de fauna, se generarán y aplicarán las medidas correspondientes para solucionarlos, siempre con la finalidad de mantener la conectividad del hábitat y reducir los eventos de atropello. Cabe señalar que el uso de estas estructuras no será inmediato (dependerá de las especies y su conducta, algunas son más sensibles que otras), por lo cual deberán seguirse por un tiempo estimado de dos años.

La importancia de los pasos de fauna se hace evidente en especies de talla mayor (como el jaguar y el venado) sobre en la carretera, los cuales pueden significar situaciones de riesgo para los conductores, ya que al ser de tallas grandes, su presencia en el eje de rodamiento por falta de cruces seguros (pasos de fauna), pueden ser el detonante de accidentes vehiculares; además ecológicamente estos sitios sin paso de fauna serán lugares de potencial atropello de fauna, por esto, la implementación estructuras de dimensiones grandes puede reducir las posibilidades de atropello, aumentar la seguridad de la carretera y conservar el entorno del sitio al permitir el libre de la fauna, en particular de estas especies que requieren amplios sitios para su desplazamiento y desarrollo. Sobresale decir que de las obras mayores que se estiman en este proyecto, los puentes y viaductos son un aporte ambiental positivo sobre todos los componentes constructivos del lugar.

**En general todas las actividades enfocadas a fauna deben ser consideradas a corto, mediano y largo plazo, por las diferentes labores que implica la elaboración, colocación o comprobación de cada medida, por las etapas de construcción de la obra y por la verificación de su aplicación antes, durante y una vez que la carretera esté en uso.**

**-M35a Verificación de la funcionalidad de los Pasos de Fauna**

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapas:</b> Operación y Mantenimiento
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la operación de la carretera	

**Descripción:** como parte del Programa de Corredores biológicos y Ubicación y Diseño de Pasos de Fauna, se evaluará la efectividad de los pasos de fauna mediante el monitoreo de las estructuras con fototrampeo, a fin de determinar si las obras están funcionando con éxito como pasos de fauna, y/o mantener o corregir las condiciones de las estructuras, para garantizar que el proyecto no constituya una barrera física para el desplazamiento de la fauna terrestre. Resulta de suma importancia que los pasos sean funcionales, debido a las especies que se han registrado cerca del trazo (felinos y sus presas), aunado a que el proyecto se suma a otros elementos (otras carreteras, localidades, etc.) que fragmentan el corredor biológico Norte de Oaxaca el cual se considera importante para el jaguar y otros animales. A continuación se indican algunas de las características generales que deben mantenerse o evitarse para favorecer su uso.

Características que debe mantenerse	Características que deben evitarse
-	Los pasos no deben ser utilizados como pasos peatonales o de ganado, particularmente los destinados a organismos sensibles como algunos felinos.
Mantenimiento periódico para evitar la obstrucción por azolvamiento y así mantener las dimensiones originales, y visibilidad para la fauna al otro lado de la estructura.	Presencia de obstáculos internos: inundación, rocas, desniveles, escalones, caídas, sustrato, azolvamiento, basura, rejas o algún tipo de malla.
Área hidráulica sobrada para mantener franjas de sustrato que se mantengan secas, en caso de que el cauce ocupe toda el área hidráulica tener plataformas rellenas de material natural, no	Inundados

Características que debe mantenerse	Características que deben evitarse
concreto, no asfalto.	
Conservación de hábitats naturales cercanos al paso, para evitar que se pierda en un futuro la conectividad que estas obras llegan a proporcionar. Mantener la cubierta vegetal en ambos lados de la estructura.	Área adyacente (ambas entradas) desprovista de vegetación y/o cobertura.

#### ▪ Monitoreo de atropellos

La evaluación del uso de los pasos de fauna será complementada con un seguimiento de atropellos en la carretera (cuando ya se encuentre en operación), se identificará la existencia de tramos en los que se producen una alta incidencia de atropellos y se propondrán medidas emergentes.

La efectividad de las obras hidráulicas habilitadas como pasos de fauna se determinarán por medio de los indicadores de éxito que a continuación se mencionan:

#### Indicadores (Grado de efectividad de los pasos):

- Número total de especies que la han utilizado durante cierto tiempo.
- Frecuencia de uso.
- Porcentaje de las especies de referencia a las que va destinada la estructura.
- Número de atropellos en las inmediaciones de la estructura.
- Para especies de referencia se identificará el número de estructuras utilizadas por unidad de longitud (#de estructuras usadas/km).

*Se considera efectiva si se registra el uso frecuente del paso, en particular por la especie o especies de referencia para las cuales se diseñó la estructura, así como un bajo o nulo número de atropellos en las zonas aledañas.*

#### M36 Recomendaciones para Miradores y Paraderos

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento.
<b>Actividad de la obra:</b>	

**Descripción:** se deberán colocar avisos dirigidos a los usuarios, alusivos a la prevención de contaminación y a fomentar llevar con ellos residuos y no generar tiraderos a cielo abierto. Así mismo en caso de reparación de vehículos llevarse los restos de la reparación, así como la basura generada, invitando a los usuarios a evitar arrojar los desechos hacia la vialidad o terrenos aledaños.

Para el caso de la colocación de sanitarios se debe procurar que estos tengan conexión al drenaje más próximo o bien que estos sean tipo secos como los descritos y recomendados en el apartado M25 Instalación de obras sanitarias en Miradores y Paraderos.



El desarrollo del comercio, casas y establecimientos deberá estar regulado por las autoridades competentes y deberá realizarse con base en un desarrollo sustentable.

### VI.2.7 Factor Procesos del Medio Biótico

#### M37 Rehabilitación de zonas sin obras permanentes dentro de la superficie de afectación

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez estabilizados los taludes, bancos de tiro, o que dejen de ser usados los caminos de acceso. Cuando se termine la elaboración de entronques y demás sitios que no implican la colocación de obras permanentes.

**Descripción:** se deberá llevar a cabo un programa de rehabilitación de los sitios que queden sin obras permanentes como son bancos de tiro, bancos de préstamo, terraplenes y taludes que lo permitan, a través de una limpieza y enriquecimiento vegetal (en particular todos los que son de nueva apertura).

Así mismo en la zonas de las “jardineras” de los entronques rehabilitar para evitar erosión, en las laterales de las piv, psv. En estos sitios en donde sea viable se recomienda la colocación de hidrosiembra, o bien en caso de tener diseño paisajístico para el lugar (entronques) las especies a utilizar deben ser *nativas, no introducidas* (ver medida M30).

En todos los casos se debe considerar la adecuada colocación de drenajes que permita el paso del agua sin comprometer las estructuras.

#### M38 Rehabilitación de los sitios de construcción de obras especiales (viaductos, puentes y túneles)

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez realizados los puentes, viaductos o túneles.

**Descripción:** rehabilitar tanto las condiciones actuales de deterioro natural como las que se ocasionaran con la construcción de los puentes y viaductos, así como de los sitios donde se ubiquen obras de drenaje menor y mayor.

- Para ello, se recomienda aplicar una remediación del sitio de cualquier tipo de residuo.
- En todos los casos se deberá Re-encauzar nuevamente la escorrentía a su cauce original
- Se colocará una revegetación aguas arriba y abajo, con la finalidad de mejorar los posibles corredores naturales de fauna, o para reducir la erosión hídrica natural.

Con el objetivo de compensar, impactos al componente fauna y suelo. Donde se presente erosión hídrica extrema, muy alta, alta y moderada, en al menos 500m aguas arriba y abajo de cada punto de construcción de estructuras.

- La vegetación deberá ser nativa.
- Para mayor información sobre las especies se puede tomar como referencia el listado del Capítulo IV de esta MIA-R.



Imagen VI.52 Ejemplo de los impactos detectados sobre una ladera durante la construcción de las pilas del puente Texcapa de la autopista México-Tuxpan. Los caminos generados fueron descompactados y rehabilitados para mitigar los daños. Dicha medida de mitigación se aplicó a largo plazo, por lo que 5 años después se observa como la revegetación formó una cobertura vegetal sobre el área afectada y como las laderas presentan mayor estabilización por la presencia de vegetación.

Estas acciones se deberán llevar a cabo en los sitios donde se realice la cimentación de los puentes. En estos lugares se deberá hacer una rehabilitación del sitio a través de una descompactación, enriquecimiento del suelo y revegetación de especies nativas viables a desarrollarse en las condiciones del sitio. Esta medida de mitigación servirá para compensar la afectación realizada a la flora y al suelo del sitio y se considera una medida de largo plazo (para ver resultados se estima un **mínimo de 5 años**).

*Para el caso de la estabilización de las laderas de los túneles se mencionaron algunas técnicas en la medida M20a.*

**M39** Rehabilitación de sitios con obras provisionales (talleres, patios de maquinaria, campamentos etc.).

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez que no se requieran los sitios de obras provisionales

**Descripción:** en los lugares donde se coloquen obras provisionales, se deberá hacer una descompactación y escarificación del suelo, enriquecimiento del mismo y por último una siembra de ejemplares de la zona afectada.



Imagen VI.53 Personal de obra que enriquece el suelo después de hacer uso del lugar de obras provisionales.

Cabe hacer mención de que, se estima la colocación de estas obras en las localidades más cercanas, por lo tanto se deberán hacer los pagos de renta correspondientes a los propietarios y se deberá entregar los sitios con limpieza y condiciones adecuadas en el lugar.

**M40** Rehabilitación de caminos de acceso

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez que no se requiera usar estas estructuras.

**Descripción:** los caminos de acceso considerados dentro de las Obras Provisionales y Asociadas para esta obra al tener carácter provisional.

Para la elección de los sitios que conducen a estos bancos, se tomaron en cuenta dos situaciones:

*En el trazo existen caminos de terracería o veredas las cuales se podrán mejorar y ocupar como caminos de acceso, para los bancos. No obstante también existen sitios donde actualmente no existen*

*veredas y que conducen a polígonos donde se pretende la colocación de bancos ya sea de tiro como de extracción de materiales. Si bien en los sitios de caminos se generarán afectaciones a la temperatura, humedad, efecto barrera etc., estos impactos se consideran temporales, por lo que una rehabilitación de estos permitirá que con el tiempo el impacto se reduzca o elimine.*

La apertura de nuevos caminos deberá reducirse al máximo mediante la utilización de las terracerías existentes. En los casos en los que sea inevitable la apertura de nuevos caminos, estos deberán restaurarse con vegetación nativa una vez hayan cumplido su cometido, de tal forma que estas áreas puedan ser re-ocupadas por las distintas especies de fauna silvestre.

Acorde a esto, los caminos de acceso considerados en este apartado abarcan la entrada a:

- Bancos de tiro
- Bancos de préstamo y
- Caminos de acceso al eje troncal

#### ***Caminos de acceso para bancos de tiro (existentes y de nueva apertura)***

Como medida de reducción se considera la elección y **utilización de caminos existentes**, mismos que llegan hasta algunos de los bancos que se pretenden utilizar para depósito de material. Dichos caminos se encuentran fuera de la zona del Río Tehuantepec y sólo requerirán la remoción de vegetación de borde o ampliación del ancho de corona para llegar al banco. Una vez que el uso del banco llegue a su fin, y que este se encuentre estabilizado y protegido (M30c), es decir que ya no se requiera el uso de estos caminos se realizará lo siguiente:

- Como medida de Rehabilitación, se hará una limpieza, enriquecimiento del suelo y revegetación en sitios potencialmente viables; no obstante se deberá conocer la tenencia de la tierra, las solicitudes de la población y uso previo del camino para poder restaurarlo o continuar con el uso previo a la colocación del banco como es acceso a terrenos o sitios de interés contiguos al camino.

Para el caso de **caminos de nueva apertura**, se requerirá:

- Realizar las liberaciones correspondientes en materia forestal (ejecución y autorización de los Estudios Técnicos Justificativos (ETJ) a caminos que se encuentren pretendan construir en sitios forestales); una vez que se cuente con esta autorización, se procederá acorde a las medidas impuestas por la autoridad competente. Aunado a esto al existir desmonte y despalme se deberá realizar:
- Como medida de Reducción, el rescate y reubicación de especies de flora sujetas bajo alguna categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies prioritarias para su conservación y nativas. Así como el correspondiente rescate y reubicación de fauna silvestre.

- Y como medida de Compensación realizar una limpieza, descompactación, escarificación y enriquecimiento del sitio con material producto del despalme (capa orgánica del suelo) y con parte de la vegetación triturada producto del desmonte y de requerirse, se deberán aplicar productos que no dañen al ecosistema como son fertilizantes orgánicos (como puede ser lombricopostas, compostas, abonos, etc.), que permitan el sembrado y establecimiento de especies de flora nativa, **es decir una restauración de todos aquellos caminos de nueva apertura que se requieran para el acceso a los bancos de tiro**.

#### ***Caminos de acceso para Bancos de Material***

Se estima que los sitios a utilizar para bancos de material no cuentan con ningún tipo de camino, brecha o vereda, por lo que la totalidad de estos requerirá de la ejecución de los correspondientes estudios técnicos justificativos aplicables por la remoción de vegetación forestal en el sitio (valoración y ejecución de los correspondientes Estudios Técnicos Justificativos aplicables).

Al igual que en el caso anterior, una vez que se cuente con dicha autorización, se procederá acorde a las medidas impuestas por la autoridad competente y se deberá llevar cabo:

- Como medida de Reducción, el rescate y reubicación de especies de flora sujetas bajo alguna categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, especies prioritarias para su conservación y nativas.
- También como medida de reducción llevar a cabo el rescate y reubicación de fauna silvestre.
- Y como medida de Compensación realizar una limpieza, descompactación, escarificación y enriquecimiento del sitio con material producto del despalme (capa orgánica del suelo) y con parte de la vegetación triturada producto del desmonte que permitan el sembrado y establecimiento de especies de flora nativa, es decir una restauración del sitio.

#### ***Caminos de acceso para el Eje troncal***

Como ya se mencionó, existen en particular al inicio y fin del trazo zonas con caminos de terracería, brechas y zonas abiertas que permitirán el acceso para la realización del proyecto, por lo que en estos tramos, se evitará la apertura de nuevos caminos.

En la zona que corresponde al Río Tehuantepec, no existen caminos o veredas abiertas; por lo tanto en estos lugares se deberán rehabilitar al finalizar su uso por la construcción de la obra.



**M41** Rehabilitación de bancos de tiro

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Una vez que se llegue a la capacidad del banco de tiro.

**Descripción:** los bancos de tiro (BT) requeridos para la realización de la obra son 51; algunos se ubican en zonas agrícolas o en terrenos sin vegetación aparente; el resto sobre terrenos con vegetación de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino.

Como se mencionó en el capítulo V los bancos de tiro que se ubican aproximadamente a partir del cadenamamiento 127+000 que corresponden a bancos con un tipo de vegetación de selvas (selva baja caducifolia o selva mediana subcaducifolia) y de vegetación riparia, resultan ser críticos por la pérdida de vegetación y por su incidencia en cercanías del Río Tehuantepec. Es por esto que para prevenir y reducir las afectaciones en estos sitios se deberán seguir las siguientes medidas:

- Contar con los permisos de cambio de uso de suelo correspondientes.
- Realizar las pruebas de mecánica de suelos necesarias y suficientes, a fin de contar con los elementos requeridos para realizar un diseño adecuado de los taludes en todos los bancos.
- Realizar los trabajos de desmonte y despalle de forma secuencial con el resto de las actividades, para evitar dejar expuesta la superficie de afectación durante largos periodos a la erosión hídrica y eólica.
- Dar mantenimiento continuo a los caminos de acceso entre el banco y la zona de corte.
- Asegurar que el personal que realiza el levantamiento geotécnico en campo, tenga la capacitación necesaria para diseñar los cortes y rellenos de manera óptima sin comprometer al Río Tehuantepec, y sin afectar la vegetación y fauna circundante.
- Evitar la formación de taludes con pendientes muy pronunciadas, deben diseñarse de manera escalonada a fin de facilitar las labores de rehabilitación y para que la vegetación del lugar llegue a cubrirlos a largo plazo, permitiendo la total conformación y estabilización del banco.
- Establecer cortinas de retención con los materiales gruesos en la parte baja del banco a fin de retener los lodos que se deriven.
- Realizar estudios geotécnicos y de estabilidad del material a fin de que los taludes tengan la inclinación correcta y las bermas (terrazas) adecuadas.
- Al final de la utilización de los bancos, estos deberán estar nivelados y con suelo con alto contenido de materia orgánica sobre la superficie a fin de facilitar las labores de rehabilitación. Este material se obtendrá de la capa orgánica producto de despalle, así como también se puede utilizar material triturado producto del desmonte.
- Al término de las labores se debe cerrar completamente el banco de tiro y sus caminos de acceso y realizar actividades de rehabilitación.



- Tomar en cuenta la información geohidrológica del lugar, así como las aguas y corrientes máximas que alcanza el sitio (tanto por su inclinación o por su naturaleza de escurrimientos), para evitar que el material sea arrastrado en tiempos de lluvias y así como el continuo arrastre de material que por gravedad tenderá a ir aguas abajo.
- Seguimiento riguroso de la normatividad y reglamentación aplicables.
- Evitar colocar el material en los sitios donde circula el agua y si existen escurrimientos hacer que este siga su curso original una vez que se consolide el banco.
- Se debe estar preparado para enfrentar la ocurrencia de derrames, de contaminación accidental a suelos, pérdida de material o deslizamientos de tierra ladera abajo (aludes de tierra), por lo que debe de contar con los materiales, equipos y personal entrenado, para casos de emergencia y contingencia.

Al igual que en el caso de los caminos de acceso, existen varias condiciones en los sitios de ubicación de los bancos de tiro que se deben tomar en cuenta:

**Bancos de tiro que actualmente se encuentran en sitios alterados:**

- Estos se deberán rehabilitar (acorde a la tenencia de la tierra). Una vez que el banco llegue a su capacidad, se estabilizará, descompactará, escarificará y se depositará el material producto del despalle (capa orgánica) así como parte del producto de desmonte (triturado) con la finalidad de enriquecer el suelo y posteriormente realizar una revegetación del sitio.

**Bancos que requieren el desmonte:**

Para su uso, se requerirá de los permisos de cambio de uso de suelo derivados de la afectación a zonas forestales, solicitados por la secretaría. Una vez que se tengan estos documentos, ***antes de abrir los sitios se requerirá de rescate y reubicación de flora y fauna de así como una rehabilitación al término de su uso***. La rehabilitación, consistirá en que una vez estabilizado el banco, se escarifique, enriquezca y se haga la siembra correspondiente de especies nativas del sitio (ver Imagen VI.54).



Imagen VI.54 Imagen que muestra el final de uso de un banco de tiro, el proceso de siembra de especies del sitio, y la rehabilitación de este mismo sitio 5 años después.

Para la rehabilitación, los ejemplares a sembrar pueden ser propagados dentro de la zona, con la colecta de semillas, propágulos (esquejes o estacas) y de plántulas. La realización de una correcta propagación, promueve la preservación, conservación y mantenimiento del germoplasma nativo para una apta restauración ecológica y reforestación (con fines de rehabilitación) de áreas degradadas. En el uso de los bancos de tiro se deberá evitar la afectación a la escorrentía natural del sitio y evitar los deslaves y arrastres de sedimento.

- Se deberá estabilizar la pendiente para facilitar las labores de rehabilitación que se requerirán de forma posterior al uso del banco de tiro, así mismo se deberá mantener una buena inclinación para dar facilidad a los escurrimientos naturales de agua.
- El material deberá colocarse de forma expandida para evitar formar montículos que puedan generar problemas de derrumbe y facilitar su recuperación forestal, y con una ligera compactación que permita el crecimiento radicular de las plantas y la captación de agua.
- Las especies a utilizar deberán ser nativas.

Si bien se obstruyen algunos potenciales pasos de fauna, este efecto será temporal, al finalizar el uso del banco este se rehabilitará de tal forma que con el tiempo las zonas afectadas a largo plazo formen nuevos corredores de fauna y sitios de alimento y forrajeo para los animales del sitio.

Es de relevancia tomar en cuenta que los terrenos sobre los que transcurre el proyecto presentan altas posibilidades de movimiento litológico, y que la estructura geológica de la zona mantiene estas características en sitios de colocación de los bancos de tiro, por tanto, la caída de sedimento es uno de los efectos mayores que se encontraron en la obra ya que posiblemente con la caída de sedimento en el Río Tehuantepec, se ven potencialmente afectados los sitios de desarrollo, alimentación y desplazamiento de especies vulnerables y especialmente en la nutria (*L. longicaudis*). Ante esta situación, se deberán estabilizar los bancos de tiro de tal forma que se evite el arrastre de sedimento al río, y de ser necesario se coloquen muros de contención, muros verdes u otras estructuras que eviten la pérdida de sedimento al mismo, será indispensable en estas estructuras. Así mismo la estabilización de los bancos debe hacerse conforme se van ocupando y realizando los bancos, con la finalidad de evitar la erosión del suelo por tiempos prolongados y por tanto arrastre ladera abajo del material sin protección de la cubierta vegetal, en particular durante la temporada de lluvias.

Para el caso de movimiento litológico que pueda presentarse, se requiere de la elaboración de un plan de contingencias (M43), el cual deberá basarse en una evaluación de daños sustentado en las normas vigentes aplicables, que permitan realizar una restauración, compensación y evaluación de los daños; dichas actividades quedarán bajo la revisión de las autoridades competentes en materia ambiental (PROFEPA).

#### M42 Rehabilitación de bancos de préstamo

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapas:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la extracción de material del banco y al finalizar su uso.	

**Descripción:** en los bancos de préstamo ubicado en zona agrícola y en áreas con vegetación de tipo Bosque o Selvas bajas, se deberán llevar a cabo las siguientes acciones:

- Contar con los permisos correspondientes para realizar la explotación de los bancos, (compra de terrenos, renta, CUS, etc. según aplique.)
- Correcta vigilancia, manejo y disposición de residuos (M5).
- Llevar a cabo acarreos con camiones que tengan cajas cerradas o con lonas que eviten caídas o pérdidas de material (M2).
- Mantener una vigilancia sobre el volumen, temporada, y áreas de extracción autorizados.

Al finalizar el uso del banco se deberá:

- Limpieza y retiro de todo tipo de material, y maquinaria utilizada durante la extracción.

- Estabilizar los sitios de extracción.
- La estabilización puede ser mecánica o a través de vegetación (hidrosiembra o similar), siempre y cuando no comprometa la estabilidad del sitio.

#### M43 Realizar un plan de contingencias

<b>Tipo:</b>	<b>RM</b>	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Durante la construcción de la obra, en particular en zonas donde existen cortes, excavaciones, conformación de taludes y realización y estabilización de bancos de tiro.	

De acuerdo a CENAPRED, (2008), los problemas de inestabilidad de laderas se cuentan entre los peligros naturales más destructivos, y representa una de las mayores amenazas para la vida y bienes materiales. Conforme a las condiciones geológicas del sitio, el proyecto corre el riesgo de que sin los procedimientos constructivos correctos y la debida protección, ya sea a nivel del eje o de las obras como bancos de tiro, las laderas formadas se encuentren en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos se pueden iniciar con facilidad, ya sea por los materiales térreos formadores, por la presencia de sistemas de debilidad como diaclasas, fracturas, fallas, etc., o por exposición a factores externos, tales como la erosión, lluvias excesivas y los temblores intensos. Es por esto que se debe tener en cuenta medidas que ante situaciones de esta índole, permitan dar seguridad tanto a los trabajadores de la obra, como a los usuarios (cuando la obra ya esté terminada), a la flora y fauna que pueden resultar afectados.

#### **Medidas preventivas**

- Tener un correcto análisis de geotecnia, de estabilidad, de exploración, muestreo y pruebas de laboratorio, que permitan determinar las características del sitio y con ello reducir los riesgos ante sitios propensos al deslave. Así mismo, con la información se podrán generar propuestas y acciones para la inmediata toma de decisiones y procedimientos constructivos adecuados a la forma y resistencia que tienen las laderas en caso de deslave.
- Conocer y vigilar el drenaje de taludes, y sitios donde las corrientes de agua convergen causando que el flujo de agua aumente.
- Mantenerse al tanto de cualquier rasgo que pueda indicar algún movimiento de suelo en colinas cercanas como deslizamientos de flujos y escombros o árboles inclinados cuesta abajo.
- Contactar a las autoridades locales para conocer los planes de evacuación en caso de emergencia.
- Desarrollar por parte de las constructoras planes de emergencia ante situaciones de evacuación o de atención inmediata en el sitio.

### **Medidas ante tormentas**

- Ante lluvias extremas, ciclones mantener alerta y atención continua durante la tormenta. Tener en cuenta que las lluvias intensas de corta duración son peligrosas en particular si ocurren después de periodos largos de lluvia.
- Considerar rutas de evacuación en particular si el área es susceptible a movimientos de ladera.
- Se debe mantener atención ante cualquier sonido producido por escombros en movimiento, arboles derrumbándose o peñascos que chocan unos con otros.
- Estar atento ante cambios súbitos de niveles de turbulencia en las cercanías de escurrimientos o del Río.
- Cuando esté conduciendo un vehículo bajo condiciones de tormenta preste atención a los taludes ya que éstos son muy susceptibles a caídos, flujos y deslizamientos. Mantenerse alerta por si se ve lodo y rocas sobre la carretera, grietas o deformaciones, ya que éstos pueden indicar la presencia de un movimiento de ladera.

### **Medidas después de movimientos de ladera**

- No precipitarse a “hincar pilotes”, ya que esto podría debilitar aún más el material térreo de la ladera, al incrementar la presión del agua que se encuentra dentro del dicho material.
- Revisar la configuración de la superficie del terreno antes y después de ocurrido el deslizamiento. Se recomienda hacer una observación desde el aire si es posible para tomar fotografías aéreas de la zona que muestren la magnitud de la afectación.
- Estudiar los movimientos previos en el sitio, es decir estudiar los registros existentes, antiguos y recientes, referentes al clima local y la sismicidad de la región.
- Efectuar los estudios geotécnicos de exploración, muestreo, pruebas de laboratorio (para determinar las características de resistencia, deformabilidad y permeabilidad de los materiales térreos), efectuar los análisis de estabilidad necesarios.
- Diseñar la solución de estabilización, basada en los cálculos de estabilidad correspondientes.
- Instalar sistemas de drenaje y / o estabilización necesarios.
- Afinar y determinar taludes y plantar cubierta vegetal apropiada y nativa.

### **Medidas de monitoreo y alertamiento**

Los sistemas de monitoreo y alertamiento se utilizan para proteger las vidas y las propiedades, no para evitar los problemas generados por la inestabilidad de laderas naturales; sin embargo, esos sistemas proporcionan frecuentemente el alertamiento de movimiento de laderas, con el tiempo suficiente para la construcción física de medidas que podrían reducir el peligro inmediato o a



mediano o largo plazo. Las técnicas de monitoreo incluyen la observación de campo y el uso de varios instrumentos apropiados para medir los movimientos del terreno natural.

En forma genérica, entre los instrumentos se pueden incluir medidores de alambre, radares, rayos láser y medidores de vibración. La información proporcionada por estos instrumentos puede manejarse en tiempo real (mediante un sistema de telemetría). En las zonas identificadas como potencialmente peligrosas, en lo que se refiere a problemas de inestabilidad de laderas es importante implementar medidas de monitoreo permanente, tales como:

- Medición de la cantidad de agua de lluvia, asociada a las características de saturación del material térreo que pueden desencadenar la inestabilidad de una ladera.
- Detección y medición directa de deformaciones y agrietamientos de la superficie de las laderas y sus tendencias de crecimiento.
- Medición directa de la presión del agua subterránea, mediante la instalación de piezómetros.
- Se deberá realizar un sistema de instrumentación y monitoreo, en función de las características geotécnicas, geohidrológicas y morfológicas particulares de cada caso y problema en particular.

#### M44 Concientización visual hacia los usuarios para el manejo de residuos

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Operación y Mantenimiento
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la operación de la carretera.	

**Descripción:** en puntos estratégicos de la autopista, (como son paraderos y miradores) se deberán colocar avisos dirigidos a los usuarios, alusivos a la prevención de contaminación y a fomentar llevar con ellos residuos y no generar tiraderos a cielo abierto.

Así mismo en caso de reparación de vehículos llevarse los restos de la reparación, así como la basura generada, invitando a los usuarios a evitar arrojar los desechos hacia la vialidad o terrenos aledaños.

Esta medida se verá reforzada con los procedimientos de mantenimiento carretero.

### VI.2.8 Factor Productivo

#### M45 Compensación económica justa

<b>Tipo:</b> CM	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Previo a la construcción de la obra. Al momento de utilizar o adquirir los terrenos.	

**Descripción:** para la adquisición de los terrenos e infraestructura requerida se deberá llegar a un acuerdo entre Promoviente y partes involucradas respecto a la adquisición de las tierras.



Deberá realizarse un pago justo y de manera y tiempo adecuados a los propietarios de los terrenos afectados y/o rentados.

- De instalarse las obras provisionales en terrenos agrícolas, se deberá realizar la compensación económica correspondiente a la remuneración de sus cosechas por el tiempo que se pretenda emplear los terrenos.
- Se deberá realizar el pago por los terrenos o infraestructura urbana que sea afectada y que se requieran para el nuevo derecho de vía, por lo que se deberán realizar negociaciones y asambleas por las partes involucradas para determinar un precio justo de los terrenos, así como un pago equitativo por efectos de bienes distintos a la tierra.

#### M46 Reconstrucción de servicios en las poblaciones afectadas

<b>Tipo:</b> RH	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción; Operación y Mantenimiento
<b>Actividad de la obra:</b>	En cualquier etapa del proyecto donde se haya generado la interrupción de algún servicio en las comunidades involucradas

**Descripción:** en caso de que sean requeridos bienes o servicios de las comunidades cercanas al trazo, todas las afectaciones derivadas de las acciones que implica la construcción del Proyecto a infraestructura como agua potable o cableado de luz eléctrica, deberán ser repuestas en funcionamiento y condiciones iguales o mejores a las originales. De igual forma en caso de uso de sitios que impliquen pago de renta, esta deberá ser pagada en tiempo y forma.

### VI.2.9 Factor Características culturales

#### M47 Medidas restrictivas y recomendaciones del INAH para evitar afectación a zonas arqueológicas

<b>Tipo:</b> RD	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b>	Previo y durante la construcción de la obra.

**Descripción:** a lo largo de la obra Mitla-Tehuantepec se tiene un registro de más de 20 sitios arqueológicos de diferentes características e importancia, que van desde material en la superficie, cerámica dispersa, montículos, plataformas, asentamientos complejos, “sitios-fortaleza”, hasta unidades habitacionales, etc.; por consiguiente, estos sitios requieren un manejo y atención particular durante la elaboración de la obra. La importancia de estos sitios, ubicación, reconocimientos y levantamientos arqueológicos que se han llevado a cabo se mencionaron en el *Capítulo II apartado Representación gráfica regional* y en el *Capítulo IV apartado Áreas de atención prioritaria (Zonas Arqueológicas)*.

Dicha información se retomó del informe correspondiente a la revisión de las zonas con vestigios arqueológicos hecha por la Dirección de Salvamento Arqueológico (DSA) del Instituto Nacional de

Antropología e Historia (INAH) que se llevó a cabo en el año 2008 y 2010. Por tal motivo se deben realizar medidas restrictivas y recomendaciones que el INAH emite para la zona.

Respecto a esto se debe mencionar al oficio 401-43/D-913 con fecha del 13 de agosto de 2010, emitido por parte de la Dirección de Salvamento Arqueológico (DSA) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), destaca los siguientes puntos, mismos que con fines de la carretera aplican como medidas de prevención y mitigación.

- No se deberá modificar el trazo que ya ha sido trabajado por el INAH. En caso de modificar alguna zona se deberá informar con 15 días de anticipación a la Dirección de Salvamento Arqueológico (DSA) para su consideración.
- Notificar a la DSA con un mínimo de 15 días de anticipación el inicio de obra para los tramos cercanos a los sitios restringidos (Patrimonios Arqueológicos).
- En caso de proyectar la construcción de algún camino secundario u otro tipo de obra conexas, se notificara previamente a la DSA para su revisión y posible autorización.
- Permitir el acceso al INAH a cualquier punto del proyecto en caso de ser requerido, tanto por parte del centro SCT Oaxaca como de las empresas concesionarias, contratistas y subcontratistas.
- Se deberá entregar un informe mensual a la SCT describiendo el proceso y manejo, junto con evidencias fotográficas en caso de haber sido realizado algún tipo de levantamiento que se le haya dado a vestigios arqueológicos por parte de la INHA durante el proceso de construcción.
- Se deberá dar aviso al INAH en caso de hallazgo, incidente o accidente que ocurra al Patrimonio Arqueológico cercano al proyecto (Tabla VI.17) con motivo de las actividades de construcción, aún sin la presencia de algún Arqueólogo, se deberá interrumpir los trabajos de obra en ese lugar hasta que personal del INAH acuda al sitio, con el fin de implementar las acciones pertinentes; así mismo se deberán entregar los materiales recuperados.

Tabla VI.17 Sitios cercanos al trazo con restricciones por presencia de vestigios Arqueológicos y por ser Patrimonio Arqueológico

Sitios restringidos	Coordenadas	
	Nombres	
El Rodeo	798166E	1877148N
Hera	798194E	1877081N
Km 73+200	798744E	1877151N
El tanque	799060E	1877148N
El trapiche	799037E	1877360N
Loma de León (73+380)	799221E	1877304N
Pocito del cilantro	800096E	1877466N

Sitios restringidos	Coordenadas	
	Nombres	
El cilantro	800674E	1877496N
Las cajas (mojonera)	801262E	1877410N
Las cajas (mojonera)2	801258E	1877421N
Cerro del carril	801330E	1877675N
Río Mecapal	801602E	1877993N
Montículos y alineamientos	190191E	1861368N
Banco de material (Cuarzo)	192001E	1859010N
Banco de material (Cal) km 124+000	191959E	1859200N
Banco de material (Cal) Km 124+200	192100E	1858900N
Banco de material (arcilla) cerca del km 124+200	192500E	1858800N
Alineamientos, unidades habitacionales cerca del km 124+800	192221E	1859203N
Unidad habitacional en cima cerca del km 124+800	192224E	1859256N
Unidad habitacional pequeña cerca del km 124+800	192248E	1859251N
Unidad habitacional pequeña (2) cerca del km 124+801	192252E	1859247N
Cerámica dispersa sobre eje de trazo en el km 125+800	193418E	1859029N
Cerámica dispersa sobre eje de trazo (2) en el km 125+800	193420E	1859025N
Posible plataforma, conserva alineamientos, cerca del km 126+280	193878E	1858882N
Alineamientos para terracedo, cerca del km 126+280	193924E	1858852N
Alineamiento de forma circular (hera) cerca del km 126+460	194029E	1858821N
Montículos, cerca del km 127+000	194348E	1857880N
Alineamientos de habitaciones y terrazas cerca del km 127+000	194430E	1858006N
Plataformas, alineamientos habitacionales, terrazas cerca del km 127+000	194132E	1858515N
Piedra con oquedades y cerámica dispersa, cerca del km 127+500	194413E	1857612N

- En el caso del km 125+000 al km 128+000 en las inmediaciones del pueblo de Santo Domingo Narro, existen varios puntos con vestigios arqueológicos de los cuales destacan 4 de ellos que son extensos y complejos llamados “El Panteón, El Temporal, El Mapache y Sin Nombre”, estos aunque no son afectados de forma directa por la obra, se requiere la **revisión de la ubicación de las obras provisionales y asociadas** (que incluyen caminos de acceso, bancos de tiro, bancos de préstamo), desarrollo de puentes y viaductos, túneles, infraestructura adicional, etc. de tal forma que se respeten los polígonos de protección ilustrados en los planos 2/5 Narro del oficio 401-43/D-913 con fecha del 13 de agosto de 2010.

#### **Restricciones y recomendaciones**

- Se recomienda que en los sitios dentro del segmento del km 76+000, 78+000 (el Magueyal) de acuerdo a lo señalado en el oficio 401-43-083 del 4 de febrero de 2009 no se excave ni se

nivele y que la carretera se construya sobre un terraplén que proteja las estructuras aun siendo el trazo factible.

- Evitar que se afecte una mojonera que se localiza en la ladera de la cima del cerro Las Cajas entre los km 76 y 77 con coordenadas 801299E 1877346N (mojonera del siglo XIX que señala el límite entre las zonas mixe y zapoteca) rodeada de cerámica prehispánica.
- La carretera de los sitios fortaleza: La Campana Km 155+000 a 155+500, Aguascalientes/Quiavicuzas en el km 160+000 a 160+50 se deberá construir hasta que estos sean excavados. El paso será hasta que se concluya el puente Chivala y se hayan hecho brechas de acceso.
- Se deberá dar a conocer con exactitud la obra en el segmento del km 164+500 al 165+000 donde está ubicado el sitio Chilavala para su liberación, específicamente el punto final, donde llegará el puente. Este segmento no deberá incluir obras secundarias que afecten vestigios arqueológicos.
- En los sitios aún pendientes del km 145+000 a 160+00 y sin excavar como en Fortaleza (Aguascalientes/Quiavicuzas, el Frijol/Aguascalientes) ubicados en el km 137+500 al km 138+500 y km 160+000 al km 160+500 ubicados en altos peñascos formados por la desembocadura de los ríos del mismo nombre sobre el Tehuantepec (sitios que corresponden temporalmente al periodo Clásico tardío (750 a 900 d.C.), así como en los sitios ubicados del km 125+000 al 128+000, 137+500 al 138+500, 160+000 al 160+500 y 164 +500 al 165+000 la INAH deberá dar a conocer el dictamen sobre las medidas que se deberán seguir en caso de ser hallados vestigios arqueológicos.
- Por la ubicación y distribución del proyecto durante el proceso de construcción se deberá permitir el acceso al INAH a cualquier punto del proyecto en caso de ser requerido, tanto por parte del Centro SCT Oaxaca, como de las empresas concesionarias, contratistas y subcontratistas. Así como se deberán realizar las acciones que el INAH considere pertinentes en los fragmentos con la presencia de vestigios arqueológicos lo cual se dispondrá a través de su Coordinador de Salvamento Arqueológico, dictaminando lo necesario a realizar y que serán llevadas a cabo por la Promovente, la cual hará del conocimiento a sus empresas concesionarias y contratistas.

*En todo el trazo, el personal especializado del INAH será el encargado de llevar a cabo la revisión de las obras, monumentos e inmuebles colindantes a la carretera, verificar las obras en la periferia de la obra (obras adicionales y complementarias), relacionadas al proyecto, así como de observar y aplicar las disposiciones legales correspondientes.*

**Ver anexo digital de cartografía temática y ubicación de zonas arqueológicas del proyecto.**

## VI.2.10 Factor Actividades y Relaciones Económicas

### M48 Capacitación y Aplicación de Reglamentos de seguridad e higiene

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapa:</b> Preparación y Construcción
<b>Actividad de la obra:</b> Previo y durante la ejecución de la obra.	

**Descripción:** para ejecutar esta medida se sugiere la existencia de un frente responsable de seguridad e higiene, (por parte de la o las constructoras) con el objetivo de impartir capacitación a los trabajadores sobre las medidas de prevención, protección y control de riesgos, adoptar diversas acciones para la construcción que evitan accidentes o situaciones de riesgo para los trabajadores de la obra, esto en atención a la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-031-STPS-2010, relativa a Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. En los siguientes apartados se describen algunas de las recomendaciones a tomar en cuenta al momento de desarrollar la actividad:

#### Recomendaciones generales

- Beneficios y Riesgos del uso no adecuado de los equipos de Protección Personal (EPP) acorde a las Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- Distinguir las medidas de prevención y contingencia para los productos y equipo que se maneja en la obra.
- Acciones a implementar ante derrames y fugas de sustancias químicas.
- Interpretación y uso del contenido de las hojas de seguridad de cada sustancia química a almacenarse y manejarse y las consecuencias (legales y ambientales) de su incumplimiento.
- Activación del Plan de Emergencia por accidentes dentro de las instalaciones de almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas.
- Capacitar en Primeros Auxilios acorde al sitio, tipo de sustancia y maquinaria a emplear.
- Llevar bitácora de prevenciones e incidentes detectados.

#### Seguridad en la construcción

- Previo a una excavación o movimiento de suelo, se debe realizar un reconocimiento del lugar, determinando las medidas de seguridad necesarias a tomar en cada área de trabajo, verificar las condiciones de seguridad por parte del responsable habilitado.
- Se deben adoptar medidas de prevención especialmente en lo que hace al derribo de árboles y al corte de plantas, así como también en lo referente a la presencia de insectos o animales existentes en el área.
- Cuando las tareas demanden la construcción de ataguías o terraplenes, éstos deben ser calculados según la presión máxima probable o el empuje máximo de sólidos o líquidos a que se verán sometidos.
- Señalar por medios apropiados los sitios de zanjas, excavaciones y túneles de día y de noche.

- Cuando las obras subterráneas están provistas de iluminación artificial, debe ser obligatoria la existencia de iluminación de emergencia.
- El personal deberá contar con el equipo necesario para realizar las actividades que le sean encomendadas.
- Se deberá dar pláticas a los trabajadores sobre riesgos laborales en donde se enfatice sobre la prevención de accidentes y atención de emergencias del personal así como contar con instructivos visibles sobre las formas de actuar ante casos de emergencia, rutas de salida, acciones a seguir, etc.

### **Trabajos con explosivos**

- Para la construcción de cortes o túneles se requiere el uso de explosivos y artificios, el Contratista de Obra debe obtener los permisos para su adquisición, traslado, manejo, almacenamiento y utilización, conforme a los requerimientos de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), acorde a lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-05-001/00 y conforme lo establecido en la Norma N LEG 3; de estas normas se menciona entre otras cosas que:
- Los polvorines para el almacenamiento de los explosivos y sus accesorios, cumplirán con los lineamientos establecidos por la Secretaría de la Defensa Nacional.
- Sólo se transportarán del polvorín al sitio de su utilización, los explosivos y artificios que se vayan a detonar cada vez. Los explosivos se transportaran en vehículos diferentes a los que se utilicen para los artificios y se depositarán separadamente en el sitio de su utilización.
- El manejo de los explosivos se hará con los cuidados necesarios que garanticen la seguridad del personal y la integridad de la obra.

### **Trabajos de Excavación**

- Para la excavación de estructuras se deben considerar los materiales, equipo, transporte, almacenamiento de materiales acorde a lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-01-007/00.
- Todo lugar con riesgo de caída debe ser protegido para evitar daños a personas y objetos.
- Debe tenerse en cuenta la resistencia del suelo en los bordes de la excavación, cuando éstos se utilicen para acomodar materiales, desplazar cargas o efectuar cualquier tipo de instalación, por lo que el responsable debe establecer las medidas adecuadas para evitar la caída del material, equipo, herramientas, etc.
- Cuando exista riesgo de desprendimiento, las paredes de la excavación deben ser protegidos, teniendo en cuenta al personal que esté trabajando entre el fondo de la excavación y el borde inferior del encofrado no sobrepase nunca 1.20m.

### **Trabajos en Túneles**



- Todo el trabajo en construcción de túneles debe ser planificado y programado con la necesaria anticipación, incluyendo las normas de procedimientos, requisitos de capacitación relativos a riesgos de accidentes y medidas preventivas que correspondan en cada caso.
- Se debe disponer por lo menos 2 sistemas de comunicación independientes que deben conectar el frente de trabajo con el exterior de manera eficaz y permanente.
- Se debe acatar lo establecido en la Normativa N-CTR-CAR-1-05-001/00 referente a la Construcción de Túneles.
- Seguir las acciones descritas en la medida M20 Y M20a.

*Estas recomendaciones se muestran de manera general, y no son limitantes, por tanto se requerirá de la implementación de nuevas medidas compatibles con la colocación de concretos, tuberías, pinturas, manejo de químicos, solventes, etc. las cuales deberán ajustarse a lo referido en la Normatividad correspondiente.*

La **Capacitación del personal en materia ambiental**, deberá realizarse a través de la Aplicación de un Programa de Educación Ambiental y Señalización, como se mencionó en la Medida M1a.

#### M49 Llevar a cabo los procedimientos de Mantenimiento Carretero

<b>Tipo:</b> PR	<b>Etapas:</b> Operación y Mantenimiento
<b>Actividad de la obra:</b> Durante la operación de la carretera.	

**Descripción:** se deberá llevar a cabo un programa de mantenimiento carretero que abarque el levantamiento de rocas que llegaran a desprenderse (en particular en las zonas de protección de la nutria), limpieza de obras de Drenaje y subdrenaje es decir de cunetas, canales, alcantarillas, colectores, lavaderos, etc.; limpieza de superficies de rodadura y acotamientos; en los puentes limpieza de parapetos, banquetas, camellones drenes, estribos; en los túneles realizar la impermeabilización de revestimientos, limpieza de paredes y bóvedas, así como llevar a cabo en toda la obra la reposición del señalamiento y dispositivos de seguridad, etc. aunado a esto se considera que como parte de los Trabajos de Conservación se pueden eliminar malezas invasoras de las orillas del camino. Estas actividades se basan en la Normativa de la SCT correspondiente a los Trabajos de Conservación (CSV) ya sea Rutinaria, Periódica, Reconstrucción y Obras Marginales en Carreteras (N-CSV-CAR partes 2, 3, 4 y 6 y demás relacionadas).

### VI.3 Bibliografía

- Agrorural. 2013. Programa de desarrollo Productivo Agrario Rural. Ministerio de Agricultura. Perú. En: <http://www.agrorural.gob.pe/conservacion-de-suelos/conservacion-de-suelos/conservacion-de-suelos.html> Fecha de consulta Junio 2013.
- Alva, H. J.E. 2006. Estabilización de taludes de roca. Conferencias en Ingeniería Geotécnica Sísmica. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. En

[http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=valla%20din%C3%A1mica%20rx-150&source=web&cd=2&ved=0CCsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.jorgealvahurtado.com%2Ffiles%2Festabilizacion%2520de%2520Taludes%2520de%2520Roca.pdf&ei=rPijUfbLGYji9gT154HYCQ&usg=AFQjCNGzZqureZafhBH1wV-FxlZ2\\_lwlw](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=valla%20din%C3%A1mica%20rx-150&source=web&cd=2&ved=0CCsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.jorgealvahurtado.com%2Ffiles%2Festabilizacion%2520de%2520Taludes%2520de%2520Roca.pdf&ei=rPijUfbLGYji9gT154HYCQ&usg=AFQjCNGzZqureZafhBH1wV-FxlZ2_lwlw) Fecha de consulta mayo 2013.

- Aranda, S.M. J. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México DF P.P 121-124
- CENAPRED. 2008. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Inestabilidad de laderas, Serie Fascículos. México, D. F.
- CONAFOR, 2004, Manual de obras y prácticas de protección y conservación de suelos forestales, Comisión Nacional Forestal, México.
- Codina, T. S. 2005. Proyecto de Estabilidad de taludes en el municipio de Santa Tecla-El Salvador. Universidad Politécnica de Catalunya, UPC. 187 pp. En: [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=proyecto%20de%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20el%20municipio%20de%20santa%20tecla-el%20salvador&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fupcommons.upc.edu%2Fpfc%2Fbitstream%2F2099.1%2F3886%2F1%2F40115-1.pdf&ei=NtCjUeGiM5Lm9gTN2ICADA&usg=AFQjCNHBsXESBBMk9wJtXwrFS-bdwd7p\\_A](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=proyecto%20de%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20el%20municipio%20de%20santa%20tecla-el%20salvador&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fupcommons.upc.edu%2Fpfc%2Fbitstream%2F2099.1%2F3886%2F1%2F40115-1.pdf&ei=NtCjUeGiM5Lm9gTN2ICADA&usg=AFQjCNHBsXESBBMk9wJtXwrFS-bdwd7p_A) Fecha de consulta mayo 2013.
- CONADE-MAG-INERHI-DIGEMA. Washington, D.C. En: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea50s/begin.htm#Contents> Fecha de consulta Junio 2013.
- CONAZA de POH. 2012. Informe de Noviembre 2011 – Abril 2012. Presas de gaviones para deter azolves. Durango. En: [http://www.cuencame.com.mx/obras\\_5.html](http://www.cuencame.com.mx/obras_5.html) fecha de consulta junio 2013.
- Ecosencia. 2013. Accesorios y servicios para saneamiento ecológico y cuidado del medio ambiente. Tepoztlán, Mex. En: <http://www.ecosencia.com/nosotros.php> Fecha de consulta Junio 2013.
- EPA, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2003. Manejando sus residuos peligrosos. Una guía para empresas pequeñas. 33 pp. En: [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=%EF%82%A7%09manejando%20sus%20residuos%20peligrosos.%20una%20gu%C3%ADA%20para%20empresas%20peque%C3%B1as.%20agencia%20de%20protecci%C3%B3n%20ambiental%20de%20los%20estados%20unidos.%20&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.epa.gov%2Fosw%2Fhazard%2Fgeneration%2Fsqg%2Fhandbook%2Fhazrules.pdf&ei=cOSjUYmPLYTS9AT0noDYBA&usg=AFQjCNHQI3i5k8o4ZjVm\\_gFsyVaLHpmwdQ&bvm=bv.47008514,d.dmQ](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=%EF%82%A7%09manejando%20sus%20residuos%20peligrosos.%20una%20gu%C3%ADA%20para%20empresas%20peque%C3%B1as.%20agencia%20de%20protecci%C3%B3n%20ambiental%20de%20los%20estados%20unidos.%20&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.epa.gov%2Fosw%2Fhazard%2Fgeneration%2Fsqg%2Fhandbook%2Fhazrules.pdf&ei=cOSjUYmPLYTS9AT0noDYBA&usg=AFQjCNHQI3i5k8o4ZjVm_gFsyVaLHpmwdQ&bvm=bv.47008514,d.dmQ) Fecha de consulta mayo 2013.
- García, G. Ma. R., y Vergara, F. L. 2007. Presas de retención de sólidos y control de flujos a base de gavión, una alternativa más. Revista Aquaforum. Año 11 No. 46. Pag. 10-16.

- Gómez, S. O. 2008. Obras de Restauración de suelos, con presas filtrantes de piedra acomodada. Comunidad La Soledad Vieja. Mpio. de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. SEMARNAT. En <http://www.panoramio.com/photo/14084224> Fecha de consulta Junio 2013.
- Hernández, G. R. y Herreras, G. G. 2011. Agua para siempre. Iniciativa México. En [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=569&Itemid=](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=569&Itemid=). Fecha de consulta Junio 2013.
- Hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y Imagen de control de cárcavas de piedra acomodada. 2008. Comunidad La Soledad Vieja Mpio. de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. Obras de Restauración de Suelos, con presas filtrantes de piedra acomodada, Comunidad La Soledad Vieja Mpio. de Guadalupe y Calvo, Chihuahua.
- Holger. 2006. Sanitarios secos y composteros. En <http://www.tierramor.org/permacultura/saniseco.htm> Fecha de consulta julio 2013.
- INECC. 2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. Restauración Ecológica. En <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion#005> Fecha de consulta julio 2013.
- Instituto Nacional de Ecología. 1996. Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana "Restauración de suelo contaminados: metodología para la determinación de criterios de limpieza en base a riesgos". Dirección General de materiales, Residuos y actividades Riesgosas, Instituto Nacional de Ecología, México. En: <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion#005> Fecha de consulta Julio 2013.
- María del Rocío García González, Lizeth Vergara Farías. (2007) "Presas de retención de sólidos y control de flujos a base de gavión, una alternativa más". RevistaAquaforum. Año 11No. 46. Pág. 10-16.
- Márquez-Huitzil, R. 1994. Regeneración de la vegetación en distintos ensayos de restauración de minas de roca caliza a cielo abierto en una industria cementera, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. En INECC. 2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. Restauración Ecológica. En <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion#005> Fecha de consulta julio 2013
- Márquez-Huitzil, R. y C. Chiappy. (En preparación). Contribución a la Restauración ecológica en las canteras de APASCO-Orizaba. En INECC. 2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. Restauración Ecológica. En <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion#005> Fecha de consulta julio 2013.
- Moscoso, G.F.J. (2003). Principios y fundamentos para la aplicación de Bioingeniería de suelos en taludes de corte. 183 Pp.
- Norma de construcción del Instituto Mexicano del Transporte N•CTR•CAR•1•01•012/00 Recubrimiento de taludes, Apartado G Ejecución, G.4 Recubrimiento de taludes, G.4.2. Catálogo de Geo-Productos Mexicanos S.A. de C.V.
- Norma Oficial Mexicana, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo, por medio del cual se establecen disposiciones preventivas en material de seguridad y salud

laborales para la industria de la construcción. Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de noviembre de 2010.

- Parker, T.V. y S.T. Pickett. 1997. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. En: Urbanska, K.M., N.R. Wobb y P.J. Edwards. Restoratio Ecology and Sustainable development. Cambridge University Press. U.K. En: INECC. 2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. Restauración Ecológica. En <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion#005> Fecha de consulta julio 2013.
- Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del estado de Oaxaca. En: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos/solidos/Documents/pepgir/PEPGIR%20Oaxaca.pdf> Fecha de consulta Junio 2013.
- Proyecto Mitigación de Desastres Naturales (PMDN). 2002. Plan de Prevención y Mitigación de Amenazas por Inundaciones y Terrenos Inestables. Tegucigalpa M.D.C.; Honduras C.A. En: <http://ura.sag.gob.hn/assets/display-anything/gallery/1/135/0510-Cortes-SantaCruzYojoa-PMOT.pdf>. Fecha de consulta mayo 2013.
- PROY-NOM-031-STPS-2010
- Ramos. L. J. 2006. Geología aplicada. Departamento Académico de Mecánica de Suelos. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Raúl Hernández García Diego, Gisela Herrerías Guerra. Agua para siempre. 2010. En: [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=ra%C3%BAI%20hern%C3%A1ndez%20garc%C3%ADa%20diego%2C%20gisela%20herrer%C3%ADas%20guerra.%20agua%20para%20siempre.%20&source=web&cd=1&ved=0CCKQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.alternativas.org.mx%2Fagua%2520para%2520Siempre.pdf&ei=8\\_SjUe3WHvDyyAGp-IGoBA&usq=AFQjCNHA1bBXPWP-6Sxo-Gc9f6fPDN1RUA](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=ra%C3%BAI%20hern%C3%A1ndez%20garc%C3%ADa%20diego%2C%20gisela%20herrer%C3%ADas%20guerra.%20agua%20para%20siempre.%20&source=web&cd=1&ved=0CCKQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.alternativas.org.mx%2Fagua%2520para%2520Siempre.pdf&ei=8_SjUe3WHvDyyAGp-IGoBA&usq=AFQjCNHA1bBXPWP-6Sxo-Gc9f6fPDN1RUA). Fecha de consulta mayo 2013.
- Remediación. Fuente: NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Apartados 7 y 8. Proyecto de Manejo y Conservación Cuenca Alta del Río Pastaza. 1991. Resumen Ejecutivo Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos Secretaria Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. República del Ecuador.
- SARAR. 2013. Sarar Transformación SC. Sanitarios Secos. En: <http://www.sarar-t.org/sistemas/sanitarios.php> Fecha de consulta Julio 2013.
- Saval, S. 1998. La reparación del daño. Aspectos técnicos: Remediación y restauración. <http://www.bibliojuridica.org/libros/1/141/9.pdf> . En: La responsabilidad jurídica en el daño ambiental (Estudios Varios). Biblioteca jurídica Virtual, UNAM. <http://www.bibliojuridica.org/libros/>
- SER, Society for Ecological Restoration International. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. [www.ser.org](http://www.ser.org)
- Vazquez-Yanez, C., Batis, A.I., Alcocer, S.M.I., Gual, D.M., Sánchez, D.C. (1999). Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO – Instituto de Ecología, UNAM, México.

**Normas Oficiales Mexicanas**

- N-CTR-CAR-1-01-013/00
- NOM-041-SEMARNAT-2006
- NOM-045-SEMARNAT-2006
- NOM-052-SEMARNAT-2005
- NOM-059-SEMARNAT-2010
- NOM-080-SEMARNAT-1994
- NOM-081-SEMARNAT-1994
- NOM-138-SEMARNAT/SS-2003

## Contenido

CAPÍTULO VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	2
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto .....	2
VII.1.1 Sistema Ambiental Regional actual.....	4
VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas y con medidas de mitigación .....	19
VII.3. Pronóstico ambiental .....	28
VII.4. Evaluación de alternativas.....	36



## CAPÍTULO VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El concepto de Sistema Ambiental Regional (SAR) puede tener diversas connotaciones, sin embargo, desde el punto de vista ambiental, este puede definirse como: el espacio geográfico conformado por un ecosistema o conjunto de ecosistemas, comprendidos como unidades funcionales, cuya interacción comprende los subsistemas culturales, económicos y sociales.

Para efecto de la delimitación del sistema ambiental regional existen diversos criterios y metodologías aplicadas que se han utilizado tales como:

- Delimitación por tipo de ecosistemas.
- Por zonificaciones de instrumentos de política ambiental (UGA's) en caso de que existan programas de ordenamientos ecológicos.
- Por los límites de usos del suelo existentes y el avance de fronteras de perturbación antrópica.
- Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas, entre otros.

Para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, como se ha mencionado ya en el capítulo IV se llevó a cabo localizando el trazo del proyecto en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) utilizando el software Arc Gis 9.3, y delimitando el polígono a través de la sobre posición de capas vectoriales disponibles de instituciones como: INEGI, INF, CONABIO Y CONAFOR.

Una vez delimitado el SAR, se obtiene el polígono para caracterizar las condiciones actuales de este sistema sin la presencia del proyecto. En el presente capítulo se analiza la interacción final que tendrá el proyecto con los recursos y procesos biológicos, una vez que en los capítulos anteriores se han detallado las actividades y la forma en la que éstas impactarán en el área de influencia, base que sirvió para proponer las medidas respectivas descritas en el capítulo seis de este estudio. Además se realiza un pronóstico de la calidad ambiental del sitio durante la realización y vida útil del proyecto, y de las medidas de mitigación que se realizarán para determinar dicha condición.

### VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

Los ecosistemas tienen ciertas capacidades de auto-regeneración por medio de las cuales recuperan su estructura y funciones originales, pero ello depende de la intensidad y duración de las perturbaciones. Asimismo, la resiliencia de un área, entendida como la velocidad a la cual un ecosistema regresa a su estado original después de una perturbación también debe ser tomada en consideración, al realizar los pronósticos.

Con base en la información obtenida a partir del SAR y AI (marco de referencia), del análisis de los impactos ocasionados por las actividades del proyecto y de las medidas de mitigación propuestas, descritas en el capítulo VI, respectivamente, se presentan los potenciales escenarios para el área de influencia a través de dos apartados:

- Escenario 1. Sistema ambiental actual, es decir, sin el desarrollo del proyecto.
- Escenario 2. Sistema ambiental con el desarrollo del proyecto sin aplicar medidas de mitigación y con aplicación de medidas.

### VII.1.1 Sistema Ambiental Regional actual

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
<p><b>Medio abiótico</b></p>	<p>Suelo (Forma del terreno)</p>	<p>En el SAR del proyecto (tramo 2) se pueden identificar seis diferentes sistemas de topoformas:</p> <p>Las sierras altas complejas (55.64%) que se ubican en el Oeste y en mayor parte al Este; La sierra baja compleja (25.08%) ubicada en la parte central que corresponde a la sierra y valles de Oaxaca; Sierra de cumbres tendidas (14.75%) que se presentan en dos zonas al Oeste del SAR, en menor porcentaje dentro del SAR se encuentra el Lomerío con llanuras (2.77%), el Valle de Laderas escarpadas con lomerío (1.74%) y la Llanura aluvial con lomerío (0.02%).</p> <p>De dichas topoformas, únicamente tres se encuentran en el Área de Influencia (AI) del proyecto, correspondientes a Sierra alta compleja (58.22%), Sierra de</p>

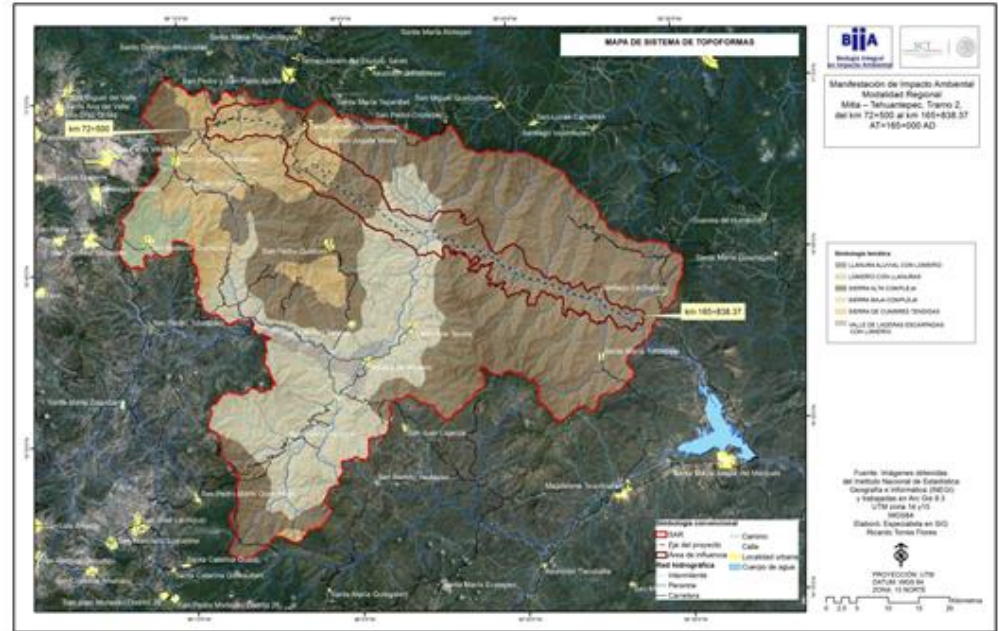
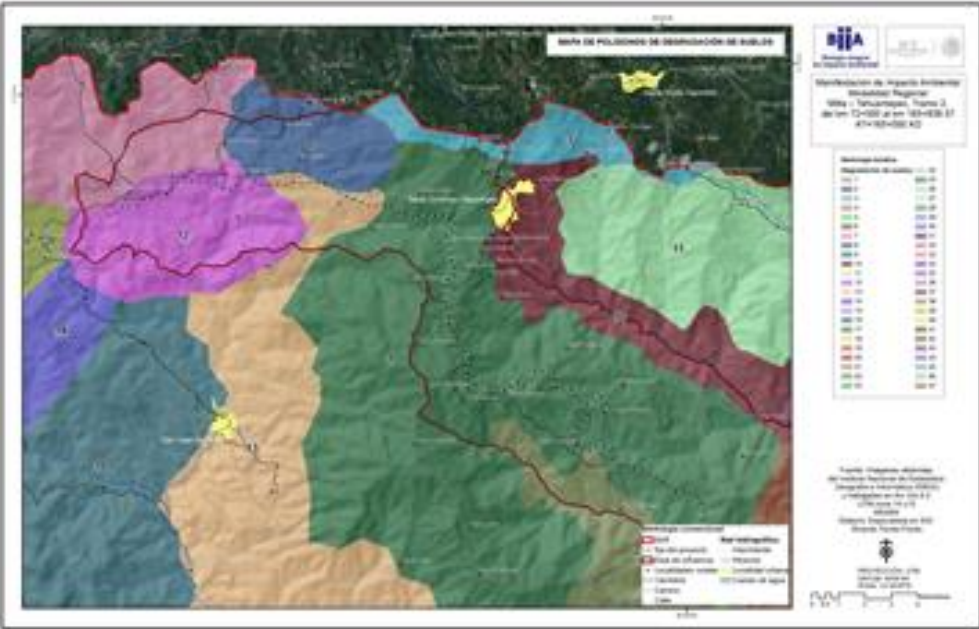


Imagen VII.1 Sistema de topoformas del Sistema Ambiental Regional del proyecto.

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto	
		cumbres tendidas (28.23%) y Sierra baja compleja (13.55%). Ver Imagen VII.1	<p>La topografía de sierra de cumbres tendidas que se agrupa en la subprovincia conocida como sierras orientales, se caracteriza por presentar una de las principales fuentes de perturbación ambiental debido a la tala de vegetación para dar paso a los campos agrícolas y caminos de terracería los cuales han deteriorado de manera profunda la calidad ambiental convirtiéndose a su vez en transportadores de contaminantes y sedimentos, que llegan a alterar la pérdida del suelo y sus repercusiones, la contaminación del agua superficial y subterránea y el desecho de los residuos sólidos en áreas no permitidas.</p> <p>En esta topografía las actividades antropogénicas ejercen una fuerte presión sobre la vegetación de bosques mixtos (pino-encino), bosques de encino y bosques de pino, ya que un continuo avance de apertura de caminos de terracería y el crecimiento de las localidades hace que este tipo de vegetación vaya comenzando a fragmentarse y como consecuencia directa los servicios ambientales que proporciona, como captura de carbono, retención de suelo, recarga de acuíferos, etc., se vean disminuidos, provocando así un estado de degradación latente conforme las actividades antropogénicas se incrementen.</p> <p>A pesar de contar con un sistema de topografías con zonas montañosas (sierra de cumbres tendidas), se cuenta con sitios accesibles para los pobladores donde realizan actividades como la agricultura de temporal, en incluso en sitios inaccesibles de la sierra alta compleja se llevan a cabo actividades de pesca (bagre y mojarra nativas).</p> <p>Las zonas de la sierra de cumbres tendidas presentan una composición ya antropizada, lo que provoca una fase de alteración sobre el ecosistema, teniendo en cuenta que son áreas con una cubierta forestal de vegetación mayormente secundaria, por lo tanto, la diversidad comienza a verse afectada, además los procesos erosivos están presentes por los inadecuados procesos de cambio de usos de suelo (tala, actividad agrícola, apertura de caminos y la instalación de viviendas)</p>
	Suelo (Erosión)	<p>De acuerdo con la clasificación de la FAO-UNESCO, en el SAR del proyecto se reportan las siguientes unidades de suelo dominantes: Luvisol (32.33%), Leptosol (23.59%), Phaeozem (16.18%), Cambisoles (14.99%), y por último en una superficie menor al 10% del SAR suelos Regosoles, Fluvisoles, Acrisoles y Umbrisoles; en cuanto a procesos erosivos dentro del SAR, la erosión hídrica y eólica que provoca la pérdida potencial de suelo, se presenta fuertemente este fenómeno en todo Oaxaca con un 74.6% a nivel estatal. En general se presentan diferentes niveles de erosión de ligeras hasta moderadas. La muy alta se presenta actualmente en diferentes manchones en el SAR, principalmente en la zona Centro hacia el Norte, mientras que se encuentra entremezclado la erosión alta, moderada y ligera al Norte y Centro del SAR y AI (ver Imagen VII.2).</p>	

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
		<p>Con respecto a los tipos de degradación donde originalmente cruza el trazo, se tiene que al Noreste de ésta área de influencia se encuentra una zona con una ligera degradación hídrica (Hs) y química (Qd) en segundo y tercer grado, debido a la deforestación que causa la declinación de la fertilidad (Ver Imagen VII.3). En la zona Centro-Norte, se presenta una degradación química (Qd) en segundo grado, a causa de la deforestación por actividades agrícolas, así como, erosión hídrica que producen la pérdida del suelo, esta zona se caracteriza por contar con la mayor superficie de este tipo de degradación.</p> <div data-bbox="1026 386 1976 992" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Imagen VII.2 Erosión Hídrica del SAR y AI del proyecto</p>



Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
		<p>Al Noroeste del AI se presenta también una erosión hídrica moderada y química ligera por actividades agrícolas, pastoreo y deforestación, provocando declinación de la fertilidad y deformación del terreno, mientras que, al Noreste que se encuentra a la derecha de la antes mencionada, presenta degradación química (Qd) ligera, causada por la deforestación y las actividades agrícolas, así como, erosión hídrica ligera que causa pérdida del suelo.</p> <p>La zona (Centro-Sur del AI, presenta una erosión hídrica ligera con lo que se pierde el suelo superficial (Hs) y declinación de la fertilidad por la degradación química (Qd), provocada por la actividades agrícolas y el sobrepastoreo. Mientras la zona que corre a lo largo del AI hacia la zona Sur de la misma, presenta solo una erosión hídrica ligera por causa de la deforestación para áreas de pastoreo, que</p> 



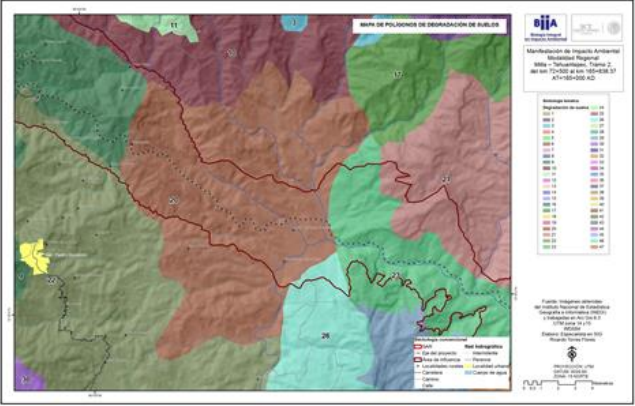
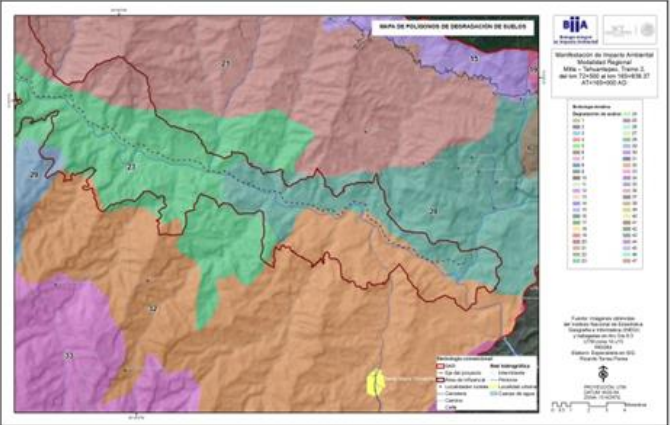
Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
		<p>provoca pérdida del suelo superficial (Hs).</p> <p>La zona que se encuentra al Sur del AI, presenta erosión hídrica ligera que genera pérdida superficial del suelo (Hs) debido a la deforestación, actividades agrícolas y sobrepastoreo, así como, degradación química moderada que causa baja fertilidad y deformación del terreno.</p> <p>La zona que se presenta completamente al Sur del AI, se presenta en primer grado erosión hídrica ligera causada por deforestación y agricultura provocando la pérdida del suelo superficial (Hs), además existe degradación química ligera.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

Imagen VII.3 A, B y C:  
Zonas de degradación en  
el AI del proyecto

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
	Atmósfera	<p>La calidad del aire en el SAR se podría considerar como buena, ya que la principal afectación que recibe es la ocasionada por las prácticas tradicionales de utilizar leña para actividades domésticas y quema de basura, ya que no existen rellenos sanitarios. Otro de los factores que puede ocasionar la disminución de la calidad del aire son las actividades de movimiento de vehículos por los caminos de terracería, que combinados con la temporada de sequía generan una gran emisión de polvos en la zona. Durante los recorridos de campo por el AI, no se observó la presencia de alguna industria o actividad primaria que pudiese causar un detrimento en la calidad del aire dentro de éste, con excepción de aquellas actividades de construcción de la carretera correspondientes al tramo 1 y 3 del proyecto Mitla-Tehuantepec, las cuales están debidamente autorizadas y se presentan debido al uso de maquinaria pesada.</p>
	Agua	<p>El SAR se encuentra inmerso en la Región Hidrológica Tehuantepec RH-22 (Imagen VII.4), esta región presenta la peor calidad del agua comparado con las demás que comprenden el estado de Oaxaca. Tiene una presión sobre sus recursos hídricos de tipo media, la cual presenta un volumen de escurrimiento de 3,624 Mm<sup>3</sup>/año.</p> <p>Los ríos más importantes del área de influencia son: Río las Águilas, la Estancia, Aguascalientes y principalmente el Río Tehuantepec; así mismo, presenta arroyos como Lachixila, el Ciruelo y Agua que hierve.</p>

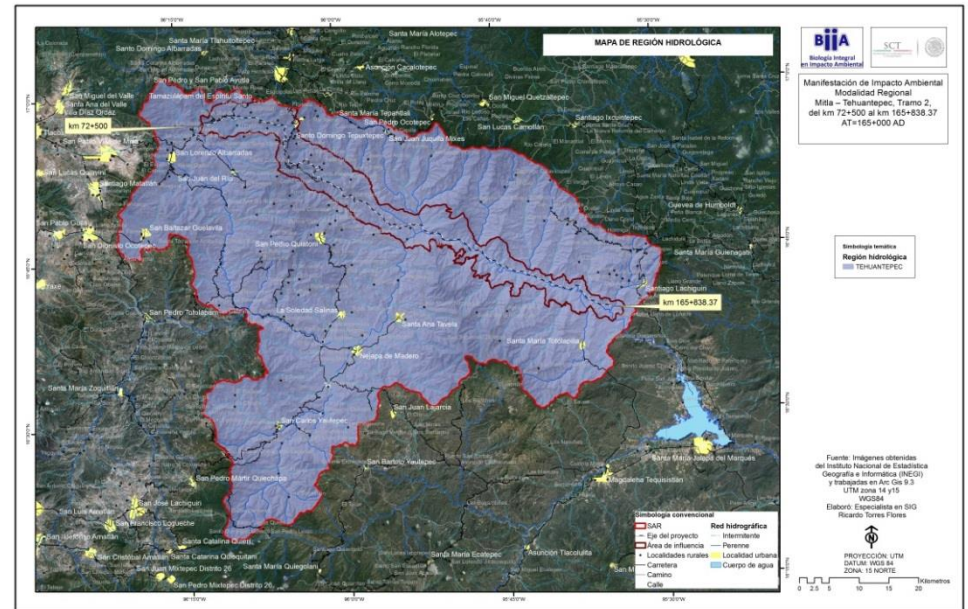



Imagen VII.4 Región hidrológica del área de influencia del proyecto modificado.

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto	
		<p>En su recorrido el Río Tehuantepec, se le unen por la margen derecha los ríos La Virgen y Tequisistlán, que en sus inicios se denomina Río Amarillo y en su tramo medio se conoce como Río El Carrizal u Otates; por la margen izquierda recibe las aportaciones de los ríos San Antonio a una altitud de 3,200 msnm, conocido también como: Río La Ciénega, Río Mijangos (San Pedro Totolapan), Río Grande (Nejapa de Madero) y Las Margaritas. El principal almacenamiento que se ubica sobre esta corriente es la Presa Presidente Benito Juárez.</p> <p>En el AI la hidrología superficial tiene un uso para actividades domésticas principalmente, hasta la fecha no existen indicios de que en la zona existan problemas de contaminación por residuos peligrosos.</p> <p>A lo largo de diversos escurrimientos desde los intermitentes hasta grandes ríos, como el Tehuantepec, en dichos cuerpos de agua existe cierto grado de contaminación por residuos quizá por la cercanía de los poblados de Santo Domingo Tepuxtepec y Santo Domingo Narro, así como, diversas localidades como: Santa María albarradas, llano crucero, siete cruces, cerro pascle entre otros.</p>	
Medio biótico	Vegetación y Usos de suelo	<p>El AI es muy diverso, en general tiene buen estado de conservación y una calidad ecológica muy alta y alta en mayor superficie, debido a la poca accesibilidad a la zona y pendientes fuertes que dificultan las actividades del sector primario, entre otros. El crecimiento de las áreas agrícolas actualmente se presenta de forma aislada, pero desafortunadamente con un continuo crecimiento en donde se desmontan superficies de vegetación primaria, debido a la falta de otros recursos e ingresos para</p>	

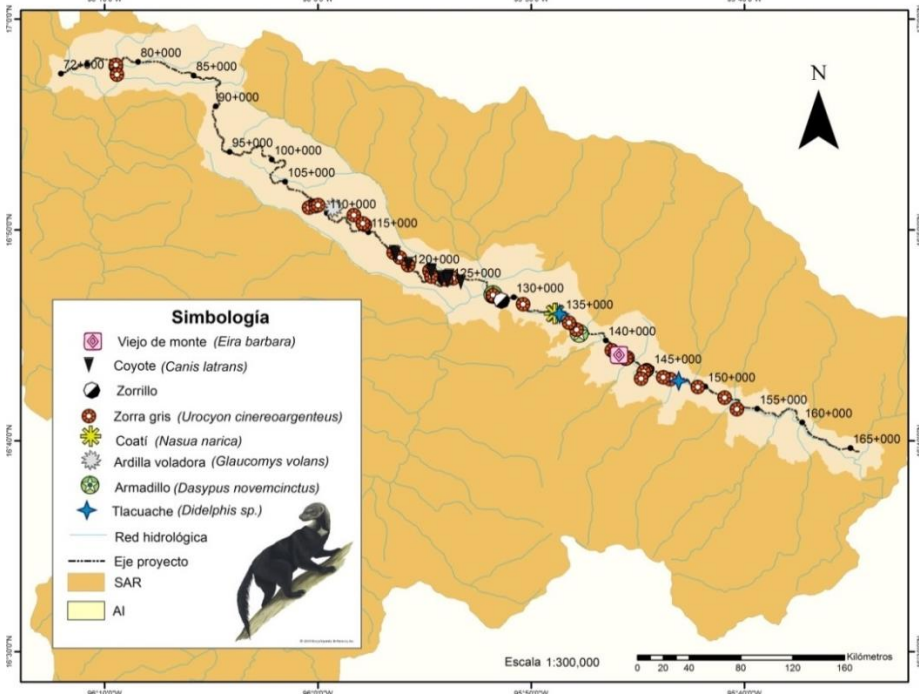
Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto	
		<p>las familias de la región.</p> <p>El SAR abarca diferentes tipos de vegetación, como son bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña y selva baja caducifolia, además se presentan extensiones de agricultura de riego, agricultura de temporal, pastizal inducido y zonas urbanas.</p> <p>En lo que respecta al AI se presentan extensiones de bosque de pino, encino y bosques mixtos (pino-encino y encino-pino), selva baja caducifolia y vegetación riparia en buenos estados de conservación, también existen algunas zonas que han perdido su cobertura original, principalmente por el crecimiento de las localidades.</p> <p>En la parte Norte del AI se distribuyen asociaciones vegetales de bosque de pino</p>	 <p>Imagen VII.5 Tipos de vegetación y usos de suelo del SAR y AI</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto	
		<p>bosques mixtos y zonas agrícolas. En esta porción, en las inmediaciones de las localidades y caminos de terracería se presenta una continua degradación en su cobertura vegetal debido a la cercanía de los asentamientos humanos y al avance de la frontera agrícola. La zona Sur del área de influencia se puede considerar como las áreas mejor conservadas dentro de este sistema ambiental delimitado, las cuales son las que se ubican en sitios donde la topografía es muy irregular con pendientes muy altas, donde no existen actividades agrícolas y urbanas en comparación con el Norte del área de influencia.</p>	

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto	
		<p>La porción Sur mantiene una conectividad con el resto del sistema ambiental, sin embargo, se encontraron algunas áreas donde hay acceso de los pobladores al Río Tehuantepec bien definidas que pueden tener un efecto negativo, para el desarrollo de caminos y asentamientos humanos que presenten un impacto para la fauna.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En la zona Sur del AI del proyecto se pudieron identificar zonas bien conservadas donde principalmente no existe aún tanta cercanía a los asentamientos humanos, las cuales se observan en expansión continua en la parte Norte.</li> <li>2. En la parte Norte y Centro del AI, existen sitios en los que la presión por los recursos de vegetación es fuerte, debido al crecimiento de las localidades y por la apertura de los caminos de terracería que han sido necesarios para la comunicación de los pobladores y para proveer de servicio médico, alimentos, comercio para subsistencia y servicios para el desarrollo de las localidades.</li> <li>3. En la porción Norte del AI se presenta una degradación de la cobertura vegetal debido a la fuerte presión que ejerce los poblados cercanos, para dar paso al crecimiento a la frontera agrícola y al crecimiento de los asentamientos humanos.</li> </ol>	
	Fauna	<p>Actualmente el área de influencia donde pretende desarrollarse el proyecto, es de 583 especies: 32 peces, 55 anfibios, 111 reptiles, 115 mamíferos y 270 aves.</p> <p>El Área de Influencia también presenta un número considerable de especies endémicas o en alguna categoría de riesgo. De las especies de probable ocurrencia 134 están en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 74 son endémicas.</p> <p>Por otro lado, las aves y</p>	



Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
		<p>mamíferos tienen especies en la categoría con mayor riesgo: La presencia de dos especies en el Área de Influencia del proyecto fue corroborada en campo: siendo la guacamaya verde (<i>Ara militaris</i>) (Imagen VII.6) y el jaguar (<i>Panthera onca</i>).</p> <p>De los registros en campo destacan las especies indicadoras de la buena calidad del hábitat como la guacamaya verde (<i>A. militaris</i>) y la nutria de río o perro de agua (<i>L. longicaudis</i>) (Imagen VII.7); como especies sombrilla se reportaron carnívoros, tales como el puma (<i>P. concolor</i>) y el jaguar (<i>P. onca</i>).</p> <p>No habían sido registradas para este sistema ambiental, la especie de <i>A. militaris</i> y <i>L. longicaudis</i>, siendo esta última especie indicadora de sistemas ambientales bien conservados.</p> <div data-bbox="997 397 1921 1104" style="text-align: center;"> </div> <p>Imagen VII.6 Sitios donde se reportó la guacamaya verde (<i>A. militaris</i>).</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
		<p>Los principales factores que alteran la diversidad son los mismos que afectan en todo el territorio como: modificación o destrucción de hábitats, los incendios forestales, el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias, aprovechamiento forestal clandestino, cacería y saqueo ilegal.</p> <p>A pesar de lo anterior, hoy en día no existe un impacto tan crítico o severo que expresen registros cuantitativos sobre la magnitud y el impacto que se tiene sobre éstas poblaciones animales en el área de influencia.</p>  <p>Imagen VII.7 Sitios donde se registró la nutria (<i>L. longicaudis</i>).</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
	<p>Regiones Prioritarias de conservación</p>	<p>El proyecto no se encuentra dentro de ninguna ANP, el Área Natural Protegida estatal más cercana al proyecto es Hierve el agua, sin embargo, su límite se encuentra a una distancia considerable del proyecto.</p> <p>En gran porcentaje de la superficie del SAR (53.35%) y AI (79.59%) se localiza en la RTP denominada “Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe”, caracterizada por su alta biodiversidad en ecosistemas que ofrecen servicios ambientales relevantes en términos de captación de agua, teniendo como principales amenazas el cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias y el aprovechamiento forestal no regulado.</p> <p>El trazo no se encuentra inmerso en ninguna región hidrológica prioritaria, sin embargo, dentro del SAR se presentan de acuerdo a la</p> <div data-bbox="1150 386 1751 1032" data-label="Image"> </div> <p>Imagen VII.8 En la imagen superior se presenta la región terrestre prioritaria donde se encuentra inmersa el AI del proyecto, en la imagen inferior se presenta los sitios prioritarios terrestres de acuerdo a la CONABIO.</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
		<p>CONABIO cuatro Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la biodiversidad, de los cuales el proyecto se encuentra inmerso en tres sitios, dos de ellos catalogados como extrema prioridad y otro como media prioridad, teniendo aquellos sitios extremos en los extremos del AI, mientras que el sitio catalogado como de media prioridad se ubica en el Centro de esta área de influencia.</p> <p>En cuanto a sitios AICA, dentro del SAR se presenta la Sierra Norte, la cual ocupa una superficie de 41.43%; Cerro Piedra Larga con una superficie mínima de 1.75% y Sierra de Miahuatlán con apenas el 0.07%, ubicada en la parte sur del SAR.</p> <div data-bbox="1066 428 1948 993" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="1234 1008 1751 1036">Imagen VII.9 Áreas AICA dentro del SAR y AI</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin proyecto
	Socioeconómico	<p>El trazo del proyecto que pretende ser modificado actualmente no es transitado, los caminos de accesos actuales que son de terracería se encuentra en malas condiciones y más en temporadas de lluvias, pues es en estas épocas cuando son más frecuentes los deslaves en zonas que existen taludes inestables, volviendo al sitio peligroso para los que transitan por ella.</p> <p>En cuanto a infraestructura educativa, los municipios y poblados por los que atraviesa el proyecto original de la SCT cuentan con lo siguiente: escuelas a nivel preescolar, primaria, secundaria y nivel medio superior. Los poblados también cuentan con áreas de servicios médicos, canchas de futbol y básquetbol.</p> <p>No todas las localidades cuentan con sistema de energía eléctrica y canalización de agua potable.</p> <p>Las actividades económicas que dominan en algunos puntos del AI son la agricultura con cultivos de maíz, frijol, papaya, y chile (con fines de autoconsumo).El cultivo perenne más frecuente en las dos zonas es el agave con el que fabrican el Mezcal tradicional (<i>Agave angustifolia</i>). Sin embargo, en la zona cálida existen otros cultivos perennes como el plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) y la sábila (<i>Aloe vera</i>).</p> <p>En algunos poblados se practica el pequeño comercio (venta de abarrotes e insumos elementales).</p> <p>En cuanto a servicio de transporte no se cuentan con servicios de transporte colectivo.</p>



## VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas y con medidas de mitigación

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
Medio abiótico	Suelo	<p>Se afectarán las topoformas ya que las pendientes y terraplenes inestables que se formen por los procesos constructivos del proyecto, quedarán sin protección alguna ante las inclemencias del tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Potencialmente puede afectarse una superficie mayor a la prevista al realizar las actividades de desmonte, despalme, cortes y excavaciones y por tanto se afectará la forma natural del terreno.</li> <li>■ El proyecto realizará la remoción del horizonte orgánico del suelo por lo que se perderá dicho recurso.</li> <li>■ Por las maniobras del proceso constructivo del proyecto se compactarán los suelos de las áreas donde se instalarán obras provisionales, caminos de acceso y lo que concierne al derecho de vía.</li> <li>■ Por el mal uso o mala disposición inadecuada de los residuos sólidos y líquidos (peligrosos y no peligrosos) existirá contaminación del suelo.</li> <li>■ Se incrementarán los niveles de erosión en áreas colindantes a la construcción del proyecto, principalmente después de la localidad de Narro.</li> </ul>	<p>Con la estabilización de los taludes de corte y terraplén de la carretera (técnicas de retención del suelo) para la contención de zonas con pendientes o taludes inestables, se evitará que en el sitio existan problemas de derrumbes o deslizamientos que puedan afectar la seguridad de los usuarios de la carretera y la degradación de la vegetación en sus colindancias.</p> <p>El horizonte orgánico del suelo será conservado ya que el proyecto propone técnicas de remoción de dicho recurso con la finalidad de protegerlo y conservarlo para posteriormente ser utilizado en posteriores actividades de recubrimiento de taludes de corte y terraplén, así como de los pisos, fondo de las excavaciones y taludes de los bancos al término de su explotación, o se distribuirá uniformemente en áreas donde no impida el drenaje o que no invada cuerpos de agua, el cual finalmente favorecerá el desarrollo de vegetación.</p> <p>Con la restauración de los sitios donde estarán las obras provisionales y caminos de accesos, además de que, las zonas previstas para ser afectadas se delimitarán solo a las superficies donde estarán las obras</p>



Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
			<p>permanentes, se disminuirá el impacto y el riesgo de afectar otras áreas que no correspondan al trazo durante las actividades de desmonte, despalme, cortes y excavaciones, la operación de la maquinaria y equipo, acumulación de los materiales pétreos y asfaltos.</p> <p>Los residuos peligrosos y no peligrosos se almacenarán en contenedores con tapa, en un lugar establecido dentro de los campamentos, separando los residuos peligrosos de los que no lo son, y se separarán en lo posible los residuos que son reciclables, como cartón, plástico, vidrio, metal y papel, lo que, el suelo estará libre de contaminantes por un mal manejo y disposición de estos residuos.</p> <p>Se tendrá rehabilitar los taludes de corte o terraplén, con la siembra de especies vegetales, con el fin de prevenir la erosión, y ofrecer a medio plazo una retención del suelo, con el propósito de recuperar, al menos parcialmente, los ecosistemas afectados.</p>
	Aire	Potencialmente se incrementarán los niveles de contaminación a la atmósfera por el uso de maquinaria que esté en malas condiciones, lo que repercutiría en la calidad del aire para los organismos. Así mismo, se tiene proyectado para el área de influencia del proyecto durante su operación una influencia vehicular de 939,156 vehículos, alcanzando los	Se prevé que con la aplicación de medidas propuestas en el Capítulo VI de este documento ésta recuperación de pérdida de captura de carbono se considera durante 10 años posteriores a la reforestación lo

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>1,524,605 para el 2030 (Ver anexo digital de éste capítulo para mayores detalles), por lo que, con el desmonte de vegetación del eje troncal en un derecho de vía autorizado se tendría 46,317.47 Tc/ha lo que se perdería de captura de carbono por cambio de uso de suelo, aunado a esto, para el proyecto del 2014 (motivo de ésta evaluación) con respecto a sus modificaciones necesarias, se sumaría solo para los excedentes del eje troncal a ésta última cifra, una pérdida de 24,338.655 Tc/ha, dando un total de la suma de lo autorizado a afectar de cambio de uso de suelo junto con sus excedentes necesarios y sin contemplar las obras provisionales y asociadas, una pérdida total de 70,656.125 Tc/ha, siendo un impacto de tipo secundario y originado por la pérdida de cobertura vegetal (impacto primario), por lo que se caracteriza como crítico en la zona cálida que el proyecto cruzará, siendo moderado para la zonas con vegetación templada, debido a que ya existe impactos de pérdida de carbono por el aprovechamiento que se hace en estas zonas, más sin embargo, hay que recordar que existen comunidades que se encargan de realizar actividades que originan la compensación de esos servicios ambientales e incluso consideran áreas voluntariamente propuestas para su conservación, a diferencia de la zona cálida donde no existe ese impacto tan intenso.</p> <p>Por otra parte se tendrá un incremento de ruido que ocasionará impactos sobre la fauna, ya que se podría ocasionar además de su desplazamiento, la interrupción de sus actividades por los altos niveles de ruido y movimiento de la maquinaria que se generarán durante la construcción.</p> <p>La modificación en el microclima será por una mayor generación de calor sobre la superficie colindante de la carpeta asfáltica, lo que influye en la capacidad de la flora para regular estos cambios en el área que comprende el derecho de vía.</p>	<p>cual es el tiempo estimado de acuerdo a diversos estudios donde se demuestra que es factible recuperar o contener esta cantidad (tC) para este tipo de ecosistema (Otsamo A. 2002. Ph.D. Consultor Forestal).</p> <p>Por otro lado el área a reforestar considerada es la misma que el área sometida a cambio de uso de suelo, por lo que la afectación que se provocara con el presente proyecto se verá compensada.</p> <p>Así mismo, el regar las superficies, la verificación de vehículos conforme a la norma ambiental, afinación de maquinaria; la generación de polvos y contaminantes a la atmósfera será menor, disminuyendo el impacto sobre la vegetación, fauna y salud humana.</p> <p>No existirán problemas de contaminación por el empleo de maquinaria durante la construcción del proyecto, ya que a esta se le dará mantenimiento constantemente.</p> <p>El proyecto se apegará en todo momento al manejo adecuado de los residuos, para ello se contará con el almacenamiento adecuado y el servicio de aquellos</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>No se cuentan con los servicios necesarios para la adecuada disposición de los residuos, por lo que se propiciarán malos olores, y contaminación de dicho factor.</p>	<p>prestadores debidamente autorizados que dispondrán finalmente los residuos, evitando la contaminación al ambiente provocado por el mal manejo que ocasione olores.</p>
	<p>Agua</p>	<p>El proyecto se construirá considerando las suficientes obras de drenaje para aquellos escurrimientos presentes, obras que durante su instalación afectarán la dinámica de los cauces solo de manera temporal. El impacto benéfico más significativo de éste proyecto es que se contará con obras que permitirán el libre flujo del agua y que a su vez dará paso a muchas especies que utilizan estos sitios como corredores, impacto que sería negativo y significativo en comparación al proyecto planteado en el 2003, donde no se contaba obras y daba a entender que se contaría con terraplén en estos sitios originando impactos críticos y significativos para el factor hídrico (desviación de cauces), además de aportación de sedimentos que inevitablemente alterarían la calidad del agua.</p> <p>Uno de los impactos críticos que se presentará en este factor será la alteración de la calidad química y biológica del agua, la cual se deberá a la disposición de residuos producto de los cortes (despalme y excavaciones del eje troncal principalmente) en los sitios de disposición de bancos de tiro donde se presentarán éstos impactos, debido a que el sitio donde se encuentran ubicados, potencialmente en corto plazo se presentará el transporte de los residuos hacia las partes más bajas del terreno donde corre el río Tehuantepec.</p> <p>Se disminuirá las actividades de aquellas especies que utilizan el Río Tehuantepec para sus actividades de caza como el caso de la nutria, debido a la sedimentación de residuos producto del despalme y cortes</p>	<p>La aplicación de las medidas enfocadas en ampliar, modificar o construir obras detectadas en el muestreo de fauna (identificación de pasos de fauna) dará como resultado la disminución de los impactos significativos sobre la fauna como puede ser el atropello, la reducción de los efectos de borde y barrera, así como la fragmentación de los ecosistemas donde las especies desarrollan sus actividades.</p> <p>La aplicación de medidas referentes al manejo adecuado de los residuos permitirá disminuir el impacto por contaminación del agua en el área donde se construirá el proyecto y su área de influencia. Así mismo, la estabilización adecuada del banco y su protección en base a una adecuada cobertura vegetal que restaurará el lugar disminuirá el efecto hacia el recurso agua. Así mismo se tiene un plan de contingencia que tendrá el objetivo de supervisar cada uno de los bancos donde se ponga en marcha las acciones emergentes en caso de que se disperse de forma crítica el material</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>necesarios provocando la turbidez en el agua, así mismo, otras especies de fauna acuática que dependen del agua y que sobreviven por la calidad biológica y química óptima de este recurso, potencialmente pueden morir por la contaminación del agua debido a la disposición inadecuada de residuos peligrosos y no peligrosos</p> <p>La contaminación también se podrá dar por el mal manejo y disposición final de aguas residuales a causa de las necesidades fisiológicas de los trabajadores.</p> <p>Debido al fácil acceso que se tendrá al camino en el momento de su construcción, podrán establecerse actividades de agricultura cuyos potenciales impactos son el lixiviado y escurrimientos de químicos y fertilizantes que son utilizados por estas actividades, además del desecho de residuos por otras actividades que puedan establecerse cercanas a la carretera.</p> <p>El uso desmedido del agua durante las actividades de construcción del proyecto contribuiría a la sobreexplotación del recurso provocando entre otras cosas el deterioro de la calidad del agua.</p> <p>De usar de manera desmedida el agua superficial para las actividades del proyecto, se corre el riesgo de provocar el abastecimiento de este recurso a través del Río Tehuantepec.</p>	<p>hacia el río, aplicando las medidas adicionales de restauración de todos los sitios afectados.</p> <p>La contaminación por residuos sólidos disminuirá con la colocación de contenedores de basura y señalamientos restrictivo e informativos, colocados en sitios estratégicos.</p> <p>Con la aplicación de medidas para el consumo y ahorro de agua a través de la compra de pipas de agua durante las etapas de preparación del sitio y de construcción del proyecto, se prevé un buen uso del agua para evitar el impacto sobre la explotación de este recurso a través del Río Tehuantepec.</p>
<b>Medio abiótico</b>	Vegetación y uso de suelo	<p>Se realizará el desmonte de las superficies a afectar, originando una mayor pérdida de cobertura vegetal y por tanto fragmentación del sistema.</p> <p>Se perderá la densidad y diversidad de especies de gran importancia como aquellas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como,</p>	<p>El proyecto pondrá en marcha el Rescate y Reubicación de Flora en donde estará dirigido a especies de importancia biológica y ecológica de aquellas especies registradas en este nuevo registro de plantas.</p> <p>Las especies de flora rescatadas serán</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>especies endémicas, nativas y de importancia ecológica.</p> <p>Debido al cambio de uso de suelo se tendrá además de una pérdida de captura de carbono, una cantidad de agua importante de infiltración hacia el subsuelo, teniendo una pérdida de 195671.83 m3 por la superficie requerida como excedente para éste proyecto.</p> <p>Se afectarán comunidades vegetales de importancia ecológica, por la construcción de las obras permanente tales como el bosque de pino, encino, bosque de pino-encino, así como, vegetación riparia y selva baja caducifolia, siendo estas últimas afectadas no solo por las obras permanentes, si no, por la apertura de caminos de acceso a partir de la localidad de Narro y por el desmonte de los sitios destinados para los bancos de tiro.</p> <p>El personal de obra dañará a la flora por daños directos como saqueo de especies cuyo valor pueda ser ornamental.</p> <p>Existirá disminución de hábitats ya que el proyecto ocupará una superficie considerable de cambio de uso de suelo (contemplando ya la superficie de autorización del 2003 y los excedentes que se requieren para esta modificación del proyecto), además de considerar que la vegetación forma parte importante de los corredores biológicos para la fauna silvestre por lo que se perderá parte de la cobertura vegetal en sitios importantes para su paso, sin embargo, el impacto se reduce comparado con el proyecto del 2003 autorizado, al contemplar obras de drenaje mayor donde permitirán la continua conexión de la cobertura vegetal, de los escurrimientos hidrológicos y a su vez el paso de la fauna que estén dentro de la norma 059-SEMARNAT-2010 como aquella que no se encuentre dentro de algún estatus de conservación. Finalmente el cambio de uso de suelo potencialmente como impacto secundario</p>	<p>utilizadas para reforestar las zonas que sean afectadas temporalmente por la apertura de todos los caminos de acceso (frentes de trabajo y obras de drenaje mayor), bancos de tiro y la construcción del proyecto, coadyuvando a mejorar la calidad del paisaje. Así mismo, la superficie que se afectará por pérdida de carbono e infiltración será mitigada con la reforestación que se llevará a cabo.</p> <p>El proyecto pondrá en marcha una serie de medidas tendientes al buen manejo y disposición final de residuos sólidos, líquidos (peligrosos y no peligrosos), además impartirá pláticas de educación ambiental y programas de vigilancia para verificar que durante la construcción del proyecto no existan problemas de contaminación.</p> <p>Con las acciones de rehabilitación se promoverá la recuperación de la cobertura vegetal, y con ello los servicios ambientales que prestaban.</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>provocará la degradación del hábitat de especies donde potencialmente se realice la reproducción, alimentación, refugio o anidación, como el caso de la guacamaya verde (<i>A. militaris</i>).</p> <p>La eliminación de los 10 túneles no provocará impactos significativos en cuanto a cambio de usos de suelo de coberturas vegetales conservadas ya que su ubicación original no comunicaba con fragmentos que dieran una continuidad importante en sitios clave como corredores de fauna (Ver anexo de éste capítulo).</p> <p>La presencia de trabajadores en la obra provocará la contaminación de los ecosistemas ya que dispondrán los residuos en cualquier sitio lo que a su vez provocará la proliferación de fauna nociva y muerte de fauna silvestre por la ingesta de los mismos.</p> <p>La apertura de claros en sitios que no sean aprovechados por el proyecto afectará a la vegetación colindante por efecto de borde, provocando el establecimiento de especies oportunistas.</p>	
	Fauna	<p>El proyecto afectará la densidad de especies de gran importancia como aquellas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como, especies endémicas, nativas y de importancia ecológica y comercial.</p> <p>Existirá una disminución y deterioro de los hábitats utilizados por la fauna para su reproducción, alimentación y anidación, principalmente debido a los bancos de tiro establecidos a lo largo del río Tehuantepec, lo que puede potencialmente volverse crítico en la degradación de sus hábitats de la zona cálida (selvas bajas) debido al transporte de sólidos hacia las partes más bajas del terreno afectando los sitios de mayor actividad de la nutría. Así mismo, se afectarán corredores de fauna que en un tiempo al finalizar la construcción de la carretera, podrán volver a utilizarse por la fauna, sin embargo, si no se cuenta con una verdadera</p>	<p>Para la conservación de la fauna el proyecto pondrá en marcha el Rescate y Reubicación de Fauna, que ayudará a que ningún individuo salga lastimado durante las labores de construcción del proyecto.</p> <p>El plan de contingencia además de supervisar y aplicar acciones emergentes por si el material suele dispersarse afectando sitios donde exista cobertura vegetal primaria, deberá restaurar todas las áreas que sean impactadas. Éste plan deberá contemplar los indicadores que</p>



Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>estabilización y restauración del sitio se tendrán impactos críticos en estos sitios en corto plazo.</p> <p>El personal de obra y usuarios de la carretera dañará a la fauna por daños directos como saqueo de especies cuyo valor pueda ser ornamental o por consumo.</p> <p>Se originará una pérdida mayor de fauna por desplazamiento, riesgo de muerte directa, atropellamiento y caza, entre otros.</p> <p>Se obstruirá la movilidad de la fauna (efecto barrera) aislando y disminuyendo sus poblaciones.</p> <p>El uso de maquinaria y el ruido excesivo de ésta provocará que la fauna silvestre se desplace a otros sitios.</p> <p>La presencia de trabajadores en la obra provocará la contaminación de los ecosistemas ya que dispondrán los residuos en cualquier sitio lo que a su vez provocará la proliferación de fauna nociva y muerte de fauna silvestre por la ingesta de los mismos.</p> <p>El proyecto ocasionará la muerte de los organismos por atropellamiento.</p>	<p>permitan evidenciar que el ecosistema se restauró a las condiciones más cercanas en el que se encontraba antes del desarrollo del proyecto.</p> <p>Con la instalación de pasos de fauna en sitios estratégicos, se prevé que la fauna se pueda desplazar hacia otros sitios, disminuyendo con esto los impactos que se pueden generar con la fragmentación de la vegetación; barreras geográficas y aislamiento de poblaciones.</p>
	Social	<p>Con la construcción del proyecto sin la aplicación de medidas de prevención, mitigación o compensación, los riesgos a la salud humana puede aumentar, ya que de no existir una señalización adecuada durante las tres etapas del proyecto, los accidentes vehiculares pueden aumentar.</p> <p>Los trabajadores provendrán de otros poblados que no corresponden a los que atraviesa el proyecto por lo que se incentivará la generación de</p>	<p>El proyecto como parte de sus actividades de construcción prevé la instalación de señalamientos durante sus tres etapas del proyecto ayudando de este modo a disminuir la posibilidad de que ocurran accidentes viales o atropellamientos en zonas de cruce de fauna.</p>

Subsistema	Subfactor ambiental o social	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
		<p>empleos temporales para los habitantes del lugar.</p> <p>Debido a la instalación de bancos de tiro, se tiene que potencialmente puede afectarse las áreas de amortiguamiento que el INHA estableció de acuerdo a los lugares arqueológicos que determino ésta dependencia, por lo tanto, de no ser acatadas las medidas que dictamino desde el momento que se planteó éste proyecto en el 2003, se tendrán impactos severos para la parte cultural de la región.</p>	<p>Desde la etapa de operación, la carretera implicará la generación de un número considerable de empleos temporales, con esto se espera que aumente la población económicamente activa (PEA) y disminuya la migración de individuos hacia los estados cercanos.</p> <p>Con la carretera se promoverá la mejora de la vía volviéndola más rápida y segura para la población. Además permitirá que por esta sean desplazados bienes y servicios requeridos por los habitantes mejorando así su calidad de vida. El proyecto promoverá la implementación de más infraestructura y de los servicios públicos requeridos para la zona, con lo cual se esperan mejoras en la calidad de vida de los habitantes.</p>

### VII.3. Pronóstico ambiental

#### ***Predicción de la Calidad Ambiental a partir de un Análisis de Tendencias en el Uso de Suelo y Vegetación Aplicado a un Sig.***

El diseño de un escenario de futuro es una herramienta de previsión que está en sintonía con la cada vez mayor incertidumbre que se percibe en el escenario actual; por lo que, la mayoría de los enfoques del análisis de los escenarios o pronósticos incorporan alguna de las siguientes características: a) Narraciones dinámicas, es decir un diseño dinámico donde se realice una imagen viva y real de una posible situación de futuro, a través de un contexto concreto basado en estadísticas, para finalmente presentar un argumento perfectamente estructurado desde el inicio hasta el final de la situación que se pretenden exponer; b) Carácter múltiple, es decir que se generan diversas posibilidades de una misma situación, ofreciendo un contraste y amplitud de visión ante una situación futura y c) Progresión del presente al futuro, donde los escenarios no solo tratan de describir cómo será el futuro, sino que además trazan el camino que tomará la situación presente hasta llegar a ese contexto, donde se conectan una serie de acontecimientos interrelacionados y que se desarrollan a partir de una secuencia necesaria.

De acuerdo a lo anterior, para el establecimiento del pronóstico del escenario ambiental de este proyecto se consideraron los impactos de las obras y actividades a generarse con motivo del proyecto sobre los componentes y factores ambientales presentados en el Capítulo V, así mismo, se consideraron aquellos impactos ya detectados sin la presencia del proyecto, destacando los siguientes:

<b>Componente Ambiental</b>	<b>Causa del deterioro.</b>
<b>Aire</b>	Deforestación y emisiones a la atmosfera por actividades de las zonas rurales y urbanas del SAR
<b>Agua</b>	Descarga de aguas residuales, deforestación, incremento de agua para uso doméstico.
<b>Flora</b>	Cambios de uso de suelo, ampliación de la frontera agrícola y rural.
<b>Fauna</b>	Cacería de animales para alimento de los lugareños en las localidades rurales y más marginadas.
<b>Social</b>	Marginación, pocos servicios de infraestructura (caminos, transporte, educación, salud, etc.).

De acuerdo a lo anterior se hace un pronóstico del escenario actual *sin el establecimiento del proyecto*. Para lo anterior se toma en cuenta el diagnóstico ambiental desarrollado en el Capítulo IV, teniendo en cuenta el grado de conservación o de perturbación existente antes de construir la obra.

Para evaluar el estado de la calidad del SAR en el que se encuentra inmerso el proyecto, se utilizaron los criterios de evaluación de la metodología que la CONABIO empleó en 1998 para determinar las regiones hidrológicas prioritarias (RHP) del país; donde el principal objetivo fue darle un valor a las áreas identificadas como prioritarias respecto a su valía ambiental, económica y de amenazas. Para ello, se les asignó una valoración única de manera global a cada una de las áreas respecto a cada uno de los criterios, justificando la asignación a dicho valor.

Esta metodología se empleó en el capítulo IV de la MIA-R para determinar la situación actual, así como los procesos de deterioro que se han venido presentando a lo largo de los años en ciertas regiones del país. Por lo tanto, en base a éste diagnóstico, se complementó con un análisis de las tendencias en el Uso de Suelo y Tipos de Vegetación (USVEG), en base al análisis cartográfico retrospectivo del cambio de uso de suelo y vegetación, es decir en base a la cobertura de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Ecología del año 1976 y 2000; donde se realizó una agrupación de las comunidades de vegetación, de acuerdo al estado de conservación, es decir la Calidad Ambiental (CA), que representa cada una de la coberturas para los diferentes criterios utilizados, donde posteriormente se determinaron las siguientes categorías en relación a la CA.

Escala de CA	Valor numérico
Muy alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy baja	1

Nota: Cabe señalar que este análisis no toma en cuenta la tenencia de la tierra, y solo se muestra como una tendencia probable del comportamiento de la calidad ambiental inferida del USVEG en el SAR a través del tiempo.

Los resultados obtenidos e interpretados se basan en la premisa que en general los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo (USVEG) proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambinet *et al.* 2001), y aunque existen eventos naturales tales como los huracanes, que propician variaciones en la cobertura natural, durante las

últimas décadas, las actividades humanas se han convertido en el principal desencadenador de la transformación de los ecosistemas (Velázquez *et al.* 2002).

Así mismo, se puede inferir con lo que se ha registrado actualmente, incluso la calidad ambiental que se presenta para el año 1976, que dentro del SAR el ecosistema dominante (selva seca) se encuentra en estado primario lo que hace que se albergue un número de especies vegetales y faunísticas de importancia ecológica relevante; como es el caso del Jaguar (*Panthera onca*) y de la guacamaya (*Ara militaris*), especies consideradas como indicadores y que son reportadas en el estudio de campo para la MIA-R; lo que demuestra que el sitio desde ese año hasta el momento se encuentra en buen estado de conservación con una buena integridad de los ecosistemas, incluso se puede ver en la imagen VII.10, donde la selva baja caducifolia, la cual se presenta a todo lo largo del río Tehuantepec presenta desde 1976 una calidad ambiental muy alta, con muy poca variación de su cobertura y calidad de éste ecosistema para el año 2000 (Ver imagen VII.11)

El bosque templado ubicado en la zona alta del SAR, para el año 1976 presentaba una calidad ambiental media, incrementando su cobertura de media a alta para el 2000 (Ver imagen VII.10 y VII.11), donde actualmente de acuerdo al diagnóstico realizado para el 2013, existe un grado de perturbación, principalmente antrópica, siendo que a pesar de estas actividades, a lo largo del tiempo ha mantenido el estado del bosque puntos dominados por el estrato arbóreo en estado primario siendo su estado secundario presente en el área de influencia del proyecto debido al establecimiento de caminos de terracería y zonas rurales.

Debido a los componentes que de manera directa interactúan sobre el SAR y a las diversas condiciones que se observaron en él y por lo visto incluso en los cambios de calidad ambiental desde 1976 hasta la fecha, en cuestión de integridad ecológica funcional esta es considerada como **Alta – Muy Importante**; a pesar que la zona de selva se encuentra conservada con respecto al bosque, este ecosistema templado brinda funcionalidad ecológica limitada en algunos sitios pero en otros aun el ecosistema presenta un buen equilibrio.

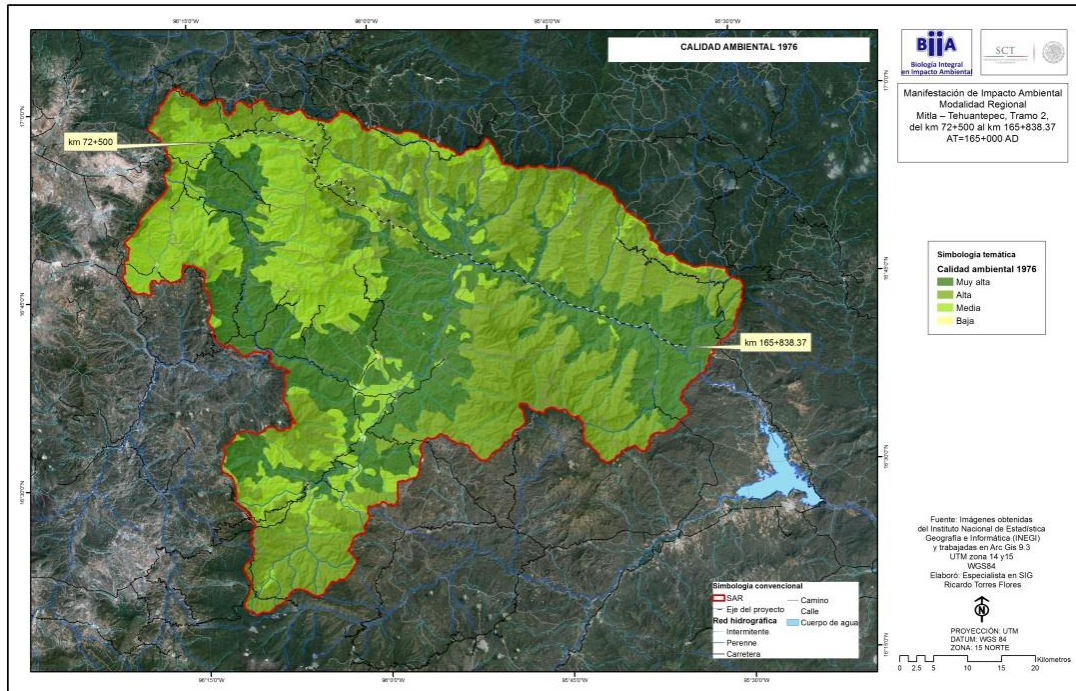


Imagen VII.10 Calidad ambiental para el año 1976 en el sistema ambiental regional, donde se puede apreciar la extensión de áreas de calidad muy alta y alta principalmente en la zona cálida, donde incluso se aprecia actualmente donde el trazo se encontrará.

Para el año 2000 se puede apreciar a través de las imágenes VII.10 y VII.11, que el sistema ambiental regional ha ido perdiendo gradualmente su cobertura de bosques y selvas con vegetación primaria en las zonas aledañas a las áreas urbanas, los cuales anteriormente le daban una caracterización ecológica muy alta y alta en el SAR, por lo que, las actividades antropogénicas no solo de la actividad agrícola, sino principalmente de la expansión de las manchas urbanas que han ocasionado cambios en la calidad de los ecosistemas.

A pesar de ésta situación tanto en el SAR como en las colindancias en las que se ubicara el proyecto actualmente se identifican zonas las cuales funcionan como hábitats. De las especies faunísticas registradas en campo las cuales son consideradas como indicadores de la buena calidad del hábitat, se puede discernir que este se presenta en condiciones idóneas para que especies como el ocelote (*L. pardalis*), la guacamaya verde (*Ara militaris*) y la nutria de río o perro de agua (*Lontra longicaudis*) se encuentren; sin embargo, es importante también considerar el estado actual de la vegetación, ya que esta influye de manera directa sobre la calidad actual del hábitat, como es el caso de la guacamaya verde (*Ara militaris*), la cual tiene su preferencia por sitios conservados, por lo que, nuevamente de acuerdo al pronóstico desde 1976 hasta la fecha se tiene que la calidad ecológica muy alta se ha mantenido principalmente en sitios poco accesibles a



comparación de aquellos cercanos a las áreas urbanas del SAR, donde se puede ver una disminución de la calidad alta a media.

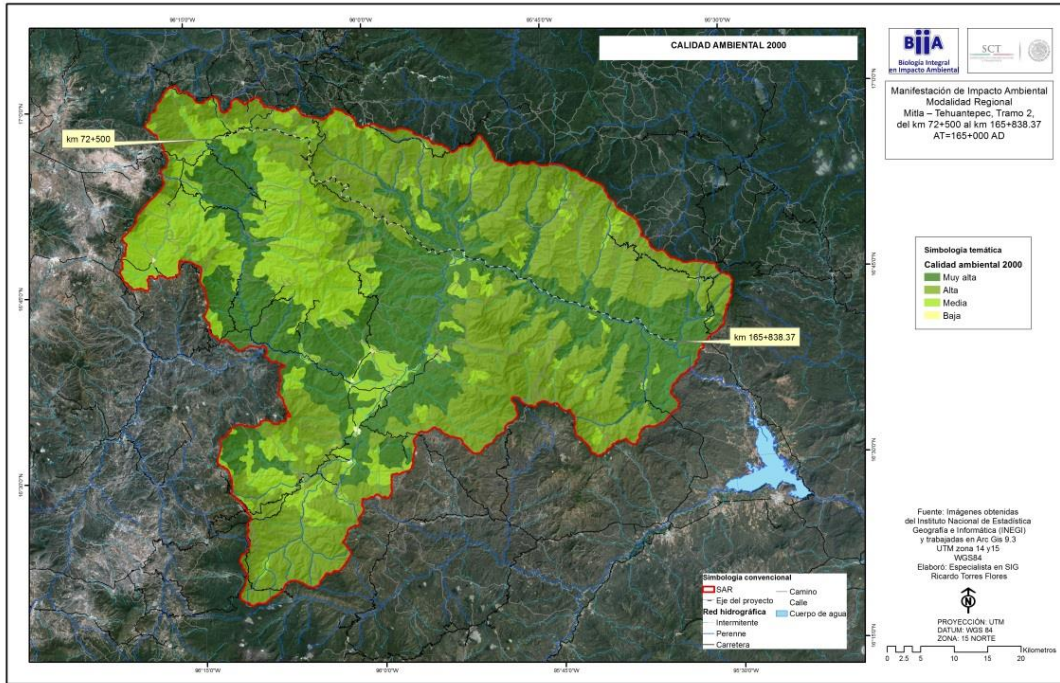


Imagen VII.11 Calidad ambiental para el año 2000 en el sistema ambiental regional, donde se puede apreciar un incremento en la extensión de áreas de calidad media a alta en comparación con el año 1976, así mismo, un incremento de áreas con calidad ambiental muy alta y alta a media en sitios donde se localizan áreas urbanas.

La presencia de la nutria de río (*Lontra longicaudis*); a lo largo del Río Tehuantepec, indica que este cuerpo de agua se considera como hábitat ya que presenta las características idóneas para su establecimiento, ofreciéndole aguas claras, presencia de pozas profundas que represan el agua, vegetación riparia que ofrece cobijo, bancos de tierra en las riberas y sobre todo disponibilidad de alimento. De acuerdo al diagnóstico, el sitio de muestreo se considera como Muy Importante debido a su condición actual lo que funge como hábitat de algunas especies, consideradas como especies focales, siendo que debido a su poca accesibilidad se tiene como escenario que para el 2024 (Ver imagen VII.13), el estado de la calidad ambiental a lo largo de éste cuerpo de agua donde gran parte del trazo corre paralelo se mantendrá con una calidad ambiental muy alta y con pocas superficies que disminuirán de una calidad muy alta a media, en sitios donde se existe mayor acceso.

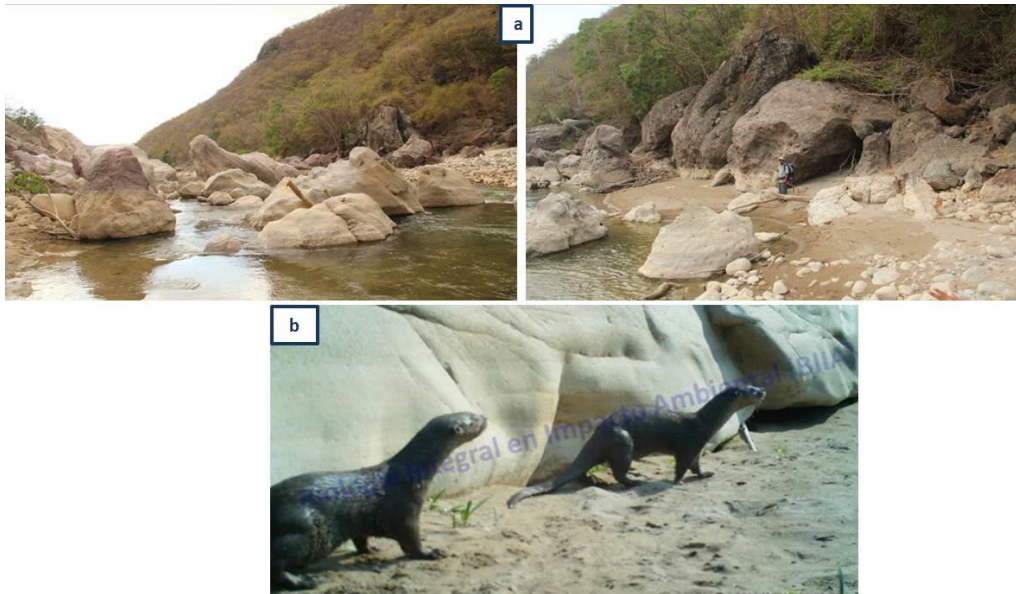


Imagen VII.12 Río Tehuantepec (a) considerado como hábitat para la nutria de río (*Lontralongicaudis*); (b) Individuos de nutria (*Lontralongicaudis*) captados por fototrampeo.

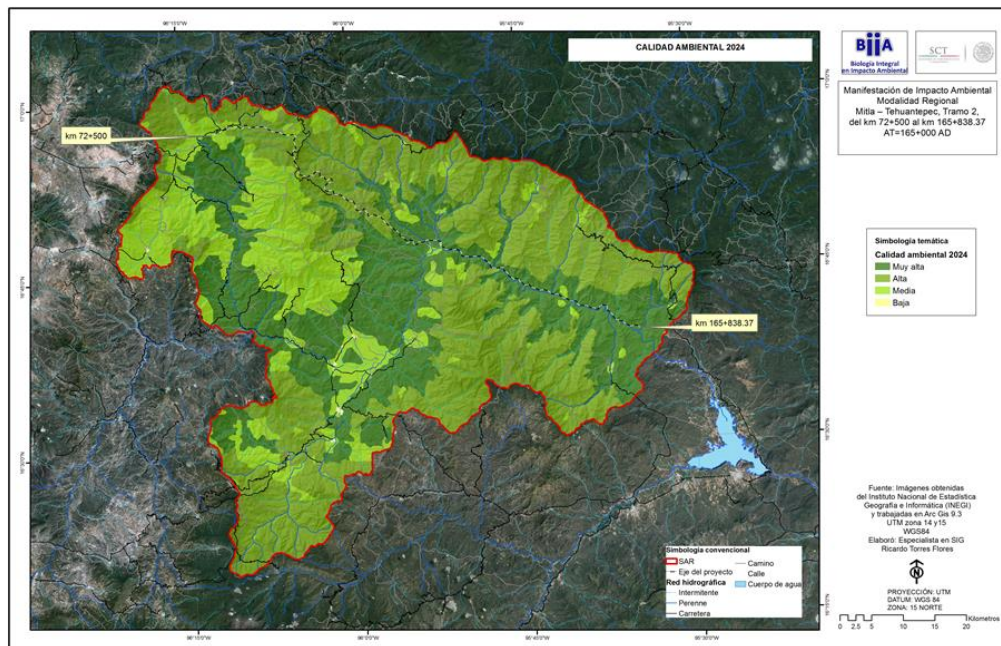


Imagen VII.13 Calidad ambiental para el año 2024 en el sistema ambiental regional, donde se puede apreciar que las áreas con calidad ambiental muy alta y alta se mantienen desde 1976 seguramente debido a la topografía accidentada presente.

Con la presencia ya en operación de la autopista incluso para el 2024 aumentaran algunas áreas con calidad ecológica media reduciéndose aquellas con calidad ecológica alta, principalmente en la zona templada, debido a que en esta área se presenta mayor accesibilidad y es donde comenzaran

a presentarse más superficies agrícolas, sin embargo, se tiene como pronóstico que a pesar de que se observaron zonas destinadas para la agricultura de riego y de temporal, así como espacios con pastizales inducidos, estos espacios son y serán reducidos comparándolos con la vegetación actual, debido a que gracias a la topografía del sitio no se pueden desarrollar estas prácticas, lo que ha ayudado a que la vegetación se encuentre conservada, principalmente en la zona donde se ubica la selva baja caducifolia. Así mismo se resalta que se llevan prácticas de reforestación por parte de los pobladores de las localidades lo que propiciará como se ve ya desde hace años y que se aprecia en el mapa del año 2000, un incremento de calidad ambiental media a alta como se ha estado generando, así mismo para el 2024, se presenta un incremento de la calidad ambiental media a alta curiosamente tanto para sitios con bosque como para la selva, lo que deberá por consecuencia de incrementarse más con las medidas de mitigación aplicadas para la zona templada con sitios de calidad media a alta.

Con respecto a las modificaciones que se presentan en el sitio y que seguramente incrementará para el 2024, para la zona templada éste tipo de ecosistema presenta una fragmentación debido a actividades antrópicas, ya que cercano a este se ubican los asentamientos humanos, por lo que, a pesar de esto se considera en el diagnóstico con una categoría de Medio –Importante (Ver capítulo IV de la MIA-R), ya que aún hay zonas de bosque conservadas y semi-conservadas, esto es debido a la topografía del SAR, al ser una sierra esto complica que haya generación de asentamientos o estos a su vez, o que utilicen estas superficies para la agricultura. A pesar de que se ha dado una fragmentación al ecosistema, actualmente se presentan especies de relevancia ecológica en la zona, tanto de flora como de fauna



Imagen VII.14 En esta imagen se observa la comunidad La Mina, la cual ha generado actividades antropogénicas, (a) se presentan terrenos de cultivo y se observa la deforestación en el bosque por los habitantes, (b) apertura de terracerías, en los márgenes se presentan individuos de tallas grandes de pinos; (c y d) hay zonas conservadas de bosque templado, dominando por el estrato arbóreo.





Imagen VII.15 Estado actual de la selva baja caducifolia, la cual se presenta aun en estado primario.

En lo referente al ecosistema de selva baja identificado como sensible para el SAR, se observa que presenta un estado de conservación alta, además de que alberga especies de relevancia ecológica, que si no fuera por su buen estado de conservación dichas especies no se establecerían en el sitio, gracias a que no ha sufrido modificaciones del entorno, conservando así su paisaje original, solamente se ha observado cercano al río Tehuantepec la presencia de pocos terrenos de cultivo ya que estos son de riego. De no contar con una buena supervisión y una verdadera aplicación de las medidas referentes de los bancos de tiro y de préstamo principalmente, el escenario a futuro a lo largo del área de influencia donde corre paralelo al río se presentará impactos críticos que pueden originar efectos a la presa Benito Juárez debido a una mala aplicación de medidas que retengan y estabilicen los bancos, así mismo, los efectos en la degradación del hábitat tanto de la flora como del río donde muchas especies realizan sus actividades. La supervisión de las medidas deberá ser tanto para los bancos que representan impactos críticos y severos como las actividades que se requieren para todo el eje troncal, obras provisionales (caminos de acceso, almacenes etc.) y las obras asociadas, supervisión que deberá contar con indicadores que demuestre que las medidas planteadas en el capítulo VI realmente están garantizando que el escenario a futuro en cuanto a las condiciones del ecosistema y sus especies se mantendrán y no se presentarán más impactos significativos de los ya previstos en el capítulo V.

Finalmente los pronósticos del SAR para el 2024 se refieren a que los bosques y selvas seguirán teniendo un rol esencial en la producción y protección del agua, sin embargo la expansión de cultivos y de zonas rurales, la cacería para alimento, el incremento de caminos de terracería seguirán si no se cuenta con un control adecuado de los usos de suelo en el SAR a través de un ordenamiento ecológico estatal, por lo que, se continuará impactando este servicio eco-sistémico, reflejándose en una tendencia hacia la disminución, contaminación e impacto de los caudales que van a parar al río Tehuantepec.

El escenario futuro incluso con la carretera apunta hacia la expansión de áreas con calidad ambiental de media a alta y algunas de alta a media, esto último puede evitarse a menos que se gestione un proceso corresponsable de organización regional entre las comunidades como se ha hecho en Oaxaca a través de la áreas destinadas voluntariamente a la conservación que destinan áreas para su conservación, aprovechamiento e incluso protección de sus recursos naturales, por lo que, se debe pensar que se requiere de una iniciativa de gestión para crear en este sitio áreas de protección y conservación con un aprovechamiento ambientalmente sustentable, apoyado con incentivos para la promoción de un sistema de pago por servicios eco-sistémicos, que permita a las comunidades gobernar sus recursos naturales con planes de manejo forestal sustentables, que sostengan y aseguren la provisión de agua y recursos de flora y fauna para los distintos usuarios, a la vez que den sustento y un modo de vida digno a sus poseedores. Es importante apoyar estudios que aborden e instrumenten de estos vacíos de apoyo.

#### **VII.4. Evaluación de alternativas.**

##### **VII.4.1 Evaluación de alternativas**

###### **Justificación Técnico-Ambiental**

Como se mencionó en el capítulo II de la MIA-R el proyecto Mitla – Tehuantepec autorizado en el año 2003, tiene efectos técnico-constructivos y ambientales críticos, como la inestabilidad de los suelos, donde algunos se han visto reflejados actualmente en la construcción del tramo 1 y 3 de éste proyecto, por lo tanto, la Promovente consideró necesario el replanteamiento del trazo y ruta original del tramo 2 de la carretera Mitla – Tehuantepec, ya que por su ubicación tanto por la caracterización abiótica como son Sierras altas y bajas complejas que potencialmente ocasionaría mayores problemas constructivos y operativos, así como su caracterización biótica, siendo más crítico en éste tramo 2, la parte ambiental que lo caracteriza desde el km 128+000 al km 165+838.37, donde corre paralelo al Río Tehuantepec rodeado de Selvas bajas caducifolias en su mayor componente con características primarias, destacando que éste sitio se caracteriza por presentar un paisaje poco alterado con una calidad alta ecológicamente, se originó la necesidad urgente de modificar la ruta y de considerar medidas de mitigación necesarias para darle una viabilidad constructiva y ambiental, que a diferencia del trazo original, con un pronóstico

ambiental a futuro, se presentaría una **situación crítica** para los recursos bióticos y prestación de servicios ambientales del lugar.

Así mismo, a fin de dar cumplimiento a la legislación ambiental correspondiente por las afectaciones que se puedan generar durante el proceso de construcción y la operación del proyecto carretero, se replanteó el número de estructuras que se requieren para dar continuidad al tramo 2 y poder ser conectado con los tramos 1 y 3 ya construidos, percatándose de que en el primer estudio no se consideraron diversas obras hidráulicas que son necesarias para evitar impactos críticos hacia los flujos hídricos y el paso de la fauna.

De ésta forma se identificó y se realizó el pronóstico a futuro de los impactos ambientales relacionados con el proyecto modificado, con el fin de orientar actividades de mitigación en pro del medio ambiente y garantizar el desarrollo sustentable del proyecto, a través del análisis de diferentes alternativas.

La evaluación de opciones para este proyecto, se realizaron principalmente en las fases de ingeniería y aspectos ambientales, por lo que se estableció también, por medio del uso de registros en campo (Programa de pasos de fauna de la condicionante No. 24 del resolutive No. S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03) y aspectos técnicos, una ruta que sea factible para su desarrollo, donde se establezcan las medidas de mitigación de los resultados de éste programa, y en donde se establezcan las adecuaciones o nuevas obras a construir para mitigar los impactos que ocasionaría la ruta propuesta en el 2003 y que se sometió a evaluación obteniendo el resolutive S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03 de fecha de 15 de octubre de 2003.

Por lo tanto con base en una autoevaluación integral del proyecto, se realizó un balance impacto-desarrollo de ambas rutas por separado, considerando los impactos más significativos que puede ocasionar el proyecto en su ejecución, la eficiencia de las medidas que se proponen, los escenarios que se prevén para confrontarlos con el desarrollo que implica su ejecución y elegir la mejor opción.

### **Análisis de Alternativas**

La evaluación para este proyecto se basó en proponer una alternativa viable, en el que se contemplara en menor grado todos los impactos a generar derivados de las fases de ingeniería y aspectos socio-ambientales; por lo que el trazo que se propone impactará algunos tramos de zonas ya previamente afectadas por la apertura de caminos de terracería, actividades de agricultura y áreas que presentan vegetación secundaria en el cambio de ruta de 13.3 km específicamente para la zona templada que está conformada de bosques, mientras que en la zona cálida conformada de selvas bajas caducifolias principalmente, por su grado de calidad ecológica y paisajística, se consideró que la ruta considerará la colocación de obras suficientes que permitan el



libre flujo de los escurrimientos que alimentan el Río Tehuantepec y que forma parte de uno de los corredores importantes para la fauna en su travesía a las zonas altas y bajas del sistema ambiental regional, siendo que en el estudio anterior no se cumplía con las obras suficientes, lo que dejaba sitios sin obras y que no permitían la continuidad del eje, siendo que tampoco se tenía los suficientes estudios que permitieran definir las obras a adecuar o a construir para que funcionarían como pasos de fauna, a la vez cumpliendo con las especificaciones establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Por lo que, en base al análisis del resultado del programa de pasos de fauna que contesta la condicionante No. 2 del resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03, tiene también como alcance considerar todas las adecuaciones y nuevas construcciones para éste nuevo eje propuesto como medidas de mitigación, y que se ejecutarán para minimizar los impactos ambientales identificados en la evaluación de ésta MIA-R.

A continuación se presenta las obras nuevas que forman parte de la alternativa (2) a elegir y que se presentó como la mejor opción en este estudio, donde se puede ver en sus respectivas imágenes que el eje original (alternativa 1) no consideraba suficientes obras que permitieran el libre flujo del agua y el paso libre de fauna que utilizan estos sitios como corredores, donde se identificaron especies sujetas a alguna categoría de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, como en peligro de extinción, amenazadas o en protección especial, así mismo, el registro de especies grandes de mamíferos que son presas y comida de felinos, lo cual provocaría el detrimento de sus densidades poblacionales y afectando a su vez a sus depredadores. Para mayor detalle de los mapas de obras de drenaje mayor, ver en el anexo digital de éste apartado.

Tabla VII.1. Obras nuevas de drenaje mayor consideradas en la alternativa 2 del proyecto sometido en evaluación.

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
Viaducto 1 Km 77+807 Ver imagen de Mapa de obras de drenaje mayor 1	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	NC
	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache común	NC

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle tropical	<b>Protección especial</b>
	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla gris	NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo	NC
	<i>Sceloporus spinosus</i>	Lagartija espinosa	NC
	<i>Sceloporus siniferus</i>	Lagartija escamosa cola larga	NC

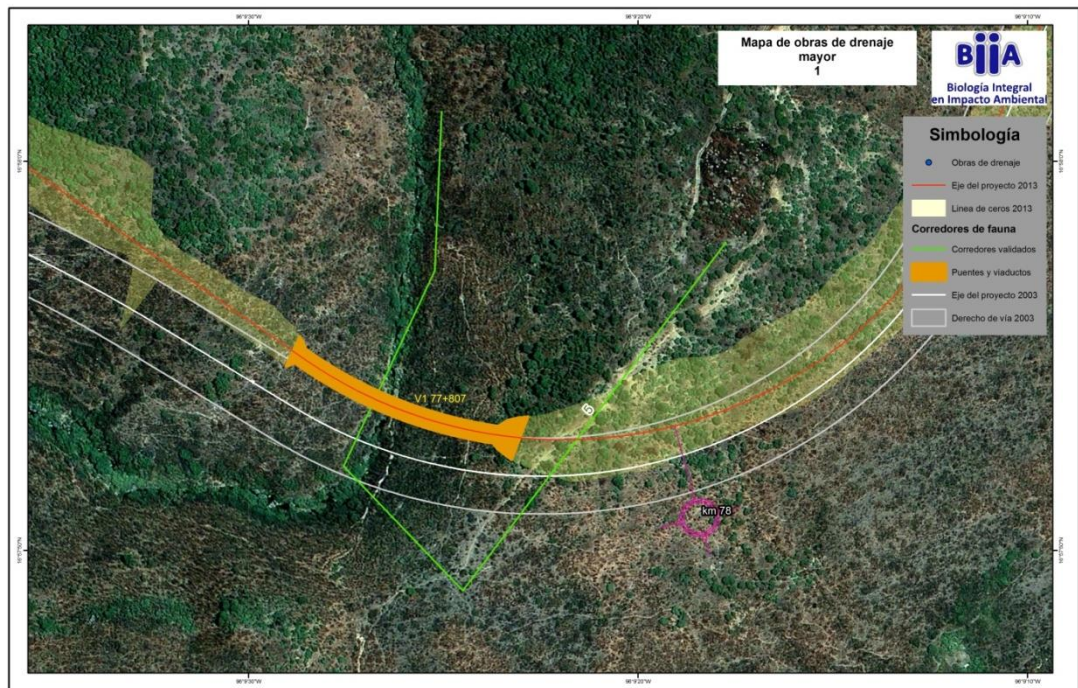


Imagen VII.16 Viaducto ubicado en el km 77+807 y que se contempla como nueva obra de drenaje mayor que dará continuidad al proyecto específicamente para el tramo 2, donde se puede ver que para el eje propuesto del 2003 (Línea blanca) no consideraba ningún tipo de obra, sitios donde se reportó el paso de la especie *Panthera onca* (Jaguar) y *Leopardus pardalis* (Ocelote), especies en peligro de extinción.

Tabla VII.2. Obras nuevas de drenaje mayor consideradas en la alternativa 2 del proyecto sometido en evaluación.

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
Puente 1 Km 97+622 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 2	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Didelphis sp.</i>	Tlacuache común	NC
	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo	NC
	<i>Sciurus sp.</i>	Ardilla	NC
Puente 2 Km 97+850 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 2	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	NC
	<i>Didelphis sp.</i>	Tlacuache común	NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo	NC
	<i>Sciurus sp.</i>	Ardilla	NC
	<i>Guerronotus liocephalus</i>	Lagarto escorpión texano	<b>Protección especial</b>
Puente 3 Km 99+082 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 3	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Pituophis lineaticollis</i>	Mazacuata de tierra fría	NC
	<i>Crotalus culminatus</i>	Serpiente de cascabel centroamericana	<b>Protección especial</b>
Puente 6 Km 103+246 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 4	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Didelphis sp.</i>	Tlacuache común	NC
	<i>Orthogeomys sp.</i>		NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo	NC
	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	NC
	<i>Sciurus sp.</i>	Ardilla	NC
	<i>Phrynosoma braconieri</i>	Camaleón de cola	<b>Protección especial</b>

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
		<i>corta</i>	
Puente 8 Km 105+574 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 5	<i>Sceloporus siniferus</i>	<i>Lagartija escamosa cola larga</i>	NC
	<i>Odocoileus virginianus</i>	<i>Venado cola blanca</i>	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	<i>Pecarí de collar</i>	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	<i>Zorra gris</i>	NC
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	<i>Armadillo</i>	NC
Puente 9 Km 108+689 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 6	<i>Odocoileus virginianus</i>	<i>Venado cola blanca</i>	NC
	<i>Didelphis virginiana</i>	<i>Tlacuache común</i>	NC
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	<i>Armadillo</i>	NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	<i>Conejo</i>	NC
	<i>Sciurus sp.</i>	<i>Ardilla</i>	NC
	<i>Mabuya brachypoda</i>	<i>Mabuya</i>	NC
	<i>Sceloporus siniferus</i>	<i>Lagartija escamosa cola larga</i>	NC
Puente 10 Km 108+635.65 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 6	<i>Odocoileus virginianus</i>	<i>Venado cola blanca</i>	NC
	<i>Canis latrans</i>	<i>Coyote</i>	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	<i>Zorra gris</i>	NC
	<i>Didelphis virginiana</i>	<i>Tlacuache común</i>	NC
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	<i>Armadillo</i>	NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	<i>Conejo</i>	NC
	<i>Sciurus sp.</i>	<i>Ardilla</i>	NC
	<i>Mabuya brachypoda</i>	<i>Mabuya</i>	NC
	<i>Sceloporus siniferus</i>	<i>Lagartija escamosa cola larga</i>	NC
Puente 13 Km 111+000 Ver imagen Mapa de obras de drenaje	<i>Mazama temama</i>	<i>Temazate rojo</i>	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	<i>Zorra gris</i>	NC



Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
mayor 7			

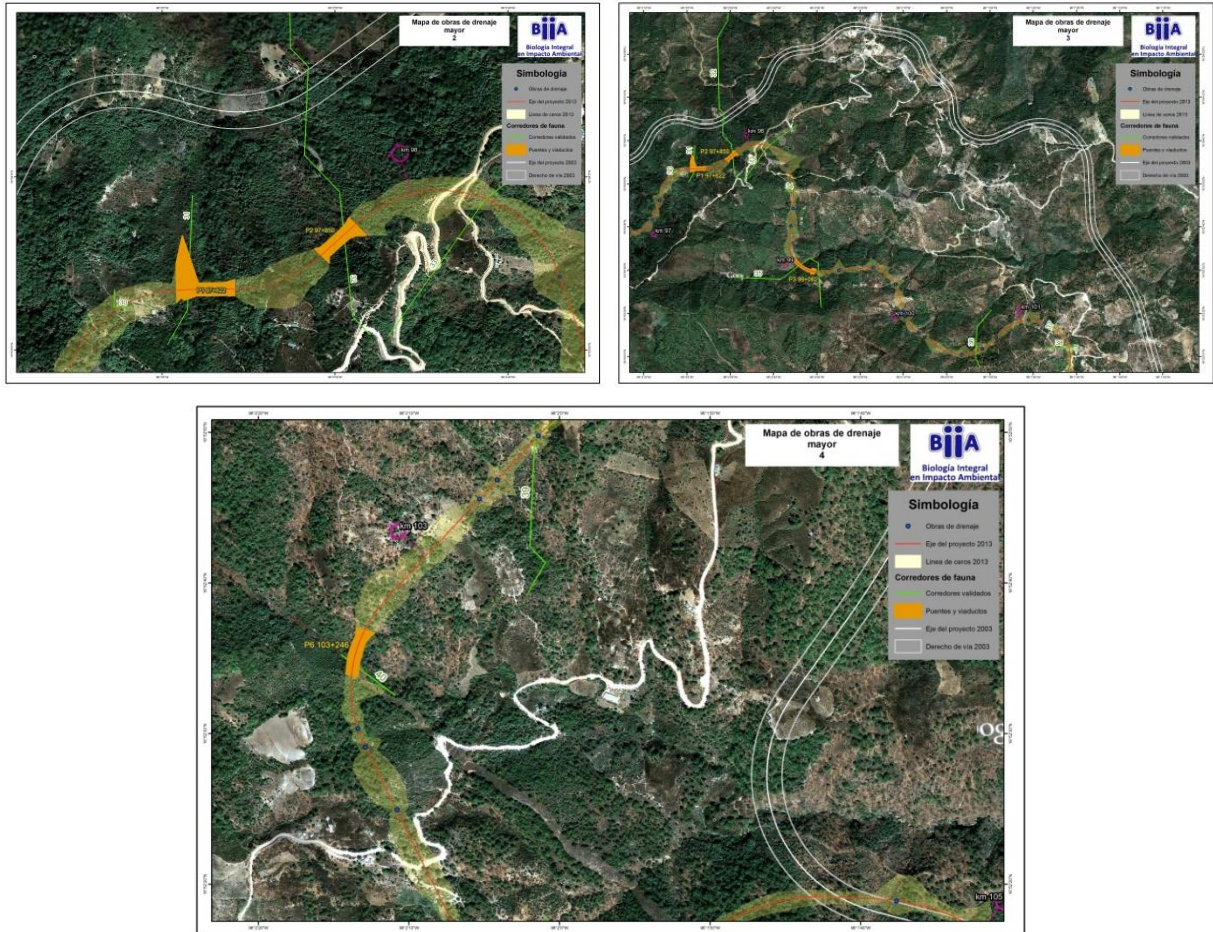


Imagen VII.17 Obras contempladas para la alternativa 2 como la más viable de ejecutarse, ya que dichas obras darán libre flujo a las especies registradas en estos corredores (señalados en verde), de las cuales destacan: *Guerronotus liocephalus* (Lagarto escorpión texano), *Crotalus culminatus* (Serpiente de cascabel centroamericana) y *Phrynosoma braconneri* (Camaleón de cola corta) catalogados como de Protección especial bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010. Así mismo, se tiene identificado al venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) especie que indica que muy probable sea un lugar de búsqueda de alimento para los felinos.

Tabla VII.3. Obras nuevas de drenaje mayor consideradas en la alternativa 2 del proyecto sometido en evaluación.

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
Puente 14 Km 111+546 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 7	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Mazama temama</i>	Temazate rojo	NC
	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	NC
	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño	NC

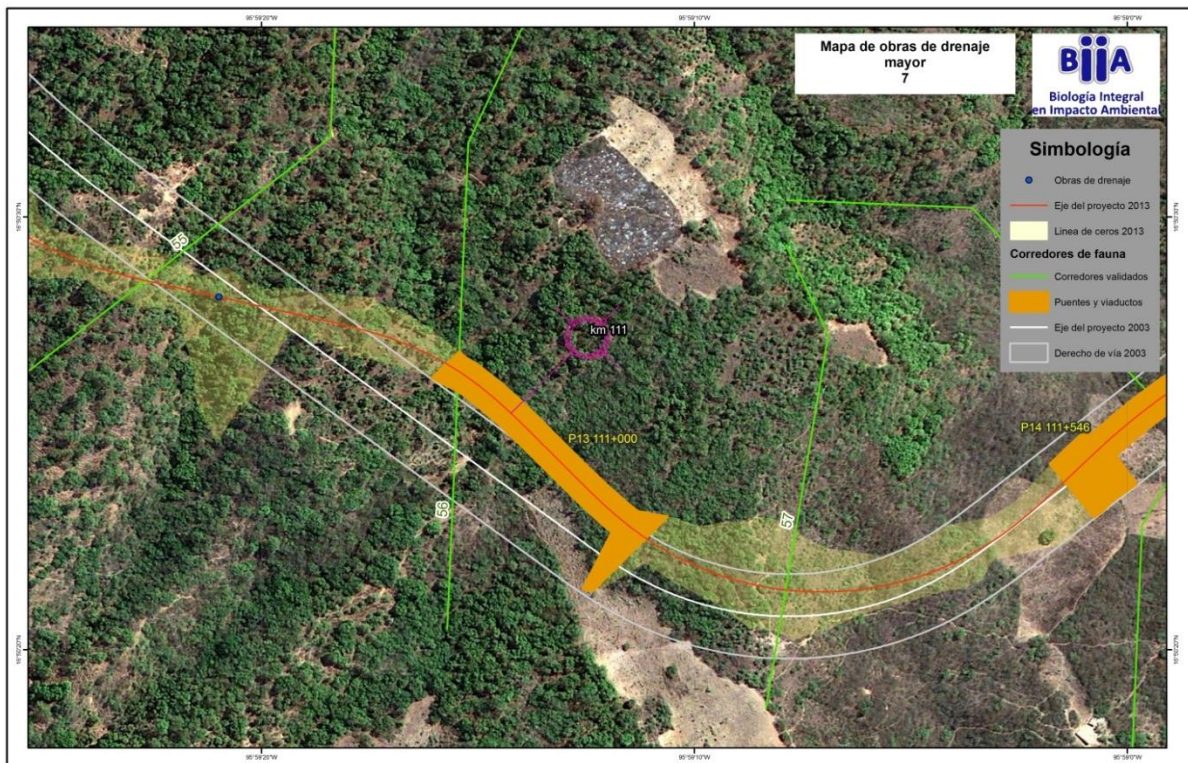


Imagen VII.18 Puente ubicado en el km 111+546 y que se contempla como nueva obra de drenaje mayor que dará continuidad al proyecto específicamente para el tramo 2, donde se puede ver que para el eje propuesto del 2003 (Línea blanca) no consideraba ningún tipo de obra, sitios donde se reportó el paso de la especie *Lynx rufus* (Gato montés).

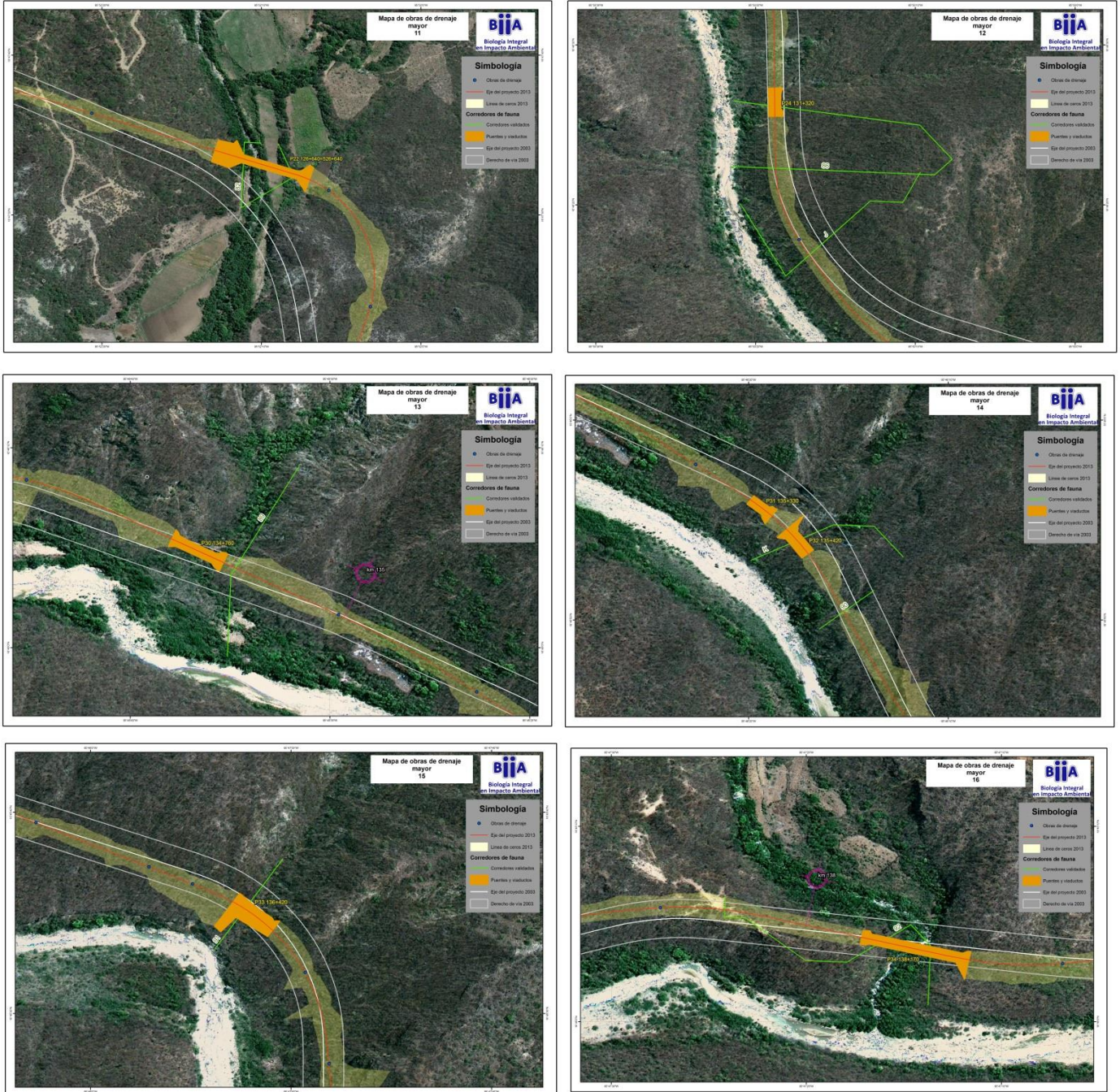


Tabla VII.4. Obras nuevas de drenaje mayor consideradas en la alternativa 2 del proyecto sometido en evaluación.

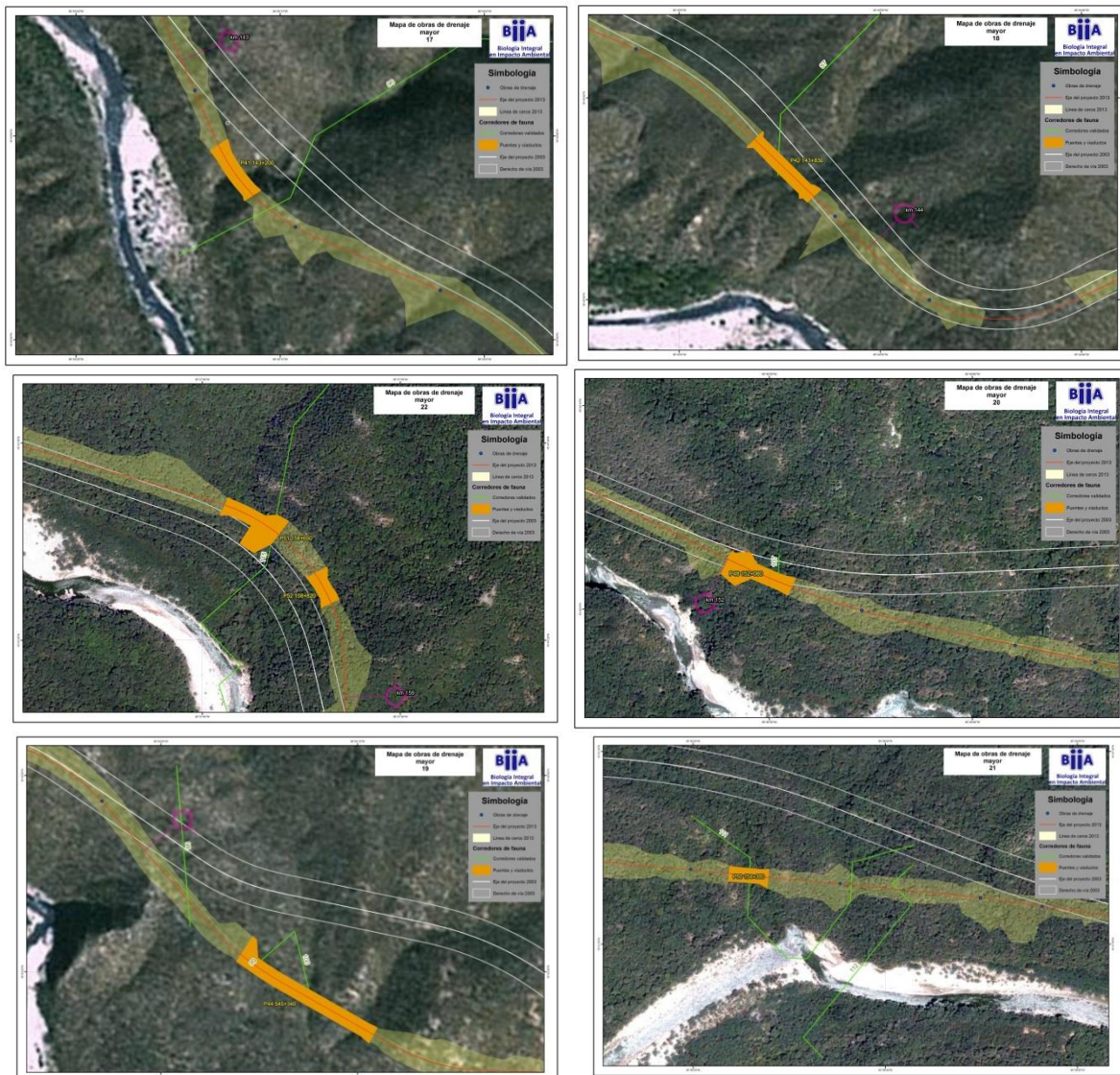
<b>Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003</b>	<b>Especies presentes</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010</b>
Viaducto 8 km 115+177 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 8	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Sciurus sp.</i>	Ardilla	NC
Puente 19 km 120+858 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 10	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC

A continuación se presentan imágenes de las obras de drenaje mayor que permitirán el libre flujo de varias especies, así como, la diversidad de especies que se detectaron en cada sitio corroborado como paso de fauna, las cuales algunas se encuentran bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 en peligro de extinción, amenazadas o como de protección especial, lo que hace más viable ambientalmente ésta ruta propuesta (alternativa 2) a diferencia de la ruta original la cual no contemplaba este tipo de obras (alternativa 1).

Imagen VII.19 Obras de drenaje mayor que permitirán el libre flujo de varias especies.







Para mayor detalle ver anexo digital de éste punto (Obras de drenaje mayor).

Tabla VII.5. Listado de obras de drenaje mayor que están consideradas en el proyecto sometido a evaluación (alternativa 2) y que permitirán mitigar los impactos ambientales significativos no considerados en el proyecto original (alternativa 1).

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
Puente 22 km 126+640 Ver imagen Mapa de obras de	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de	<b>Amenazada</b>

<b>Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003</b>	<b>Especies presentes</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010</b>
drenaje mayor 11		rio	
	<i>Drymarchon melanurus</i>	Arrollera de cola negra	NC
	<i>Aspidoscelis deppei</i>		NC
	<i>Aspidoscelis guttata</i>	Huico mexicano	NC
	<i>Anolis isthmicus</i>	Anolis tehuano	<b>Protección especial</b>
Puente 24 km 131+320 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 12	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Puma concolor</i>	Puma	NC
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	NC
	<i>Eira barbara</i>	Tayra	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	NC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	NC
	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla gris	NC
	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	<b>Amenazada</b>
<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	Ranera	NC	

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
	<i>Stenorrhina freminvillei</i>	Culebra	NC
Puente 30 km 134+760 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 13	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	NC
	<i>Eira barbara</i>	Tayra	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo rayado	NC
<i>Didelphis sp.</i>	Tlacuache común	NC	
Puente 32 km 135+420 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 14	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	NC
	<i>Didelphis sp.</i>	Tlacuache común	NC
Puente 33 km 136+420 Ver imagen Mapa	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b>Peligro de extinción</b>

<b>Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003</b>	<b>Especies presentes</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010</b>
de obras de drenaje mayor 15	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Yaguarundí	<b>Amenazada</b>
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	NC
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
Puente 34 km 138+170 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 16	<i>Puma concolor</i>	Puma	NC
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Leopardus wiedii</i>	Tigrillo	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Eira barbara</i>	Tayra	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	NC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo	NC
<i>Didelphis sp.</i>	Tlacuache común	NC	
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	<b>Amenazada</b>	
Puente 41 km	<i>Puma concolor</i>	Puma	NC



<b>Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003</b>	<b>Especies presentes</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010</b>
143+200 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 17	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b><i>Peligro de extinción</i></b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Mazama temama</i>	Temazate rojo	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b><i>Peligro de extinción</i></b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b><i>Amenazada</i></b>
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	NC
Puente 42 km 143+830 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 18	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b><i>Peligro de extinción</i></b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Mazama temama</i>	Temazate rojo	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b><i>Peligro de extinción</i></b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b><i>Amenazada</i></b>
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	NC

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
Puente 44 km 545+340 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 19	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Mazama temama</i>	Temazate rojo	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	<b>Peligro de extinción</b>
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Conepatus sp.</i>	Zorrillo	NC
	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo	NC
Puente 48 km 152+060 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 20	<i>Puma concolor</i>	Puma	NC
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	NC
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	NC
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle tropical	<b>Protección especial</b>
Puente 50 km 154+300 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 21	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	NC
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	NC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	NC
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>

Nuevas obras contempladas a diferencia del proyecto del 2003	Especies presentes	Nombre común	Categoría de la NOM-SEMARNAT-2010
	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	NC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	NC
	<i>Dasyprocta mexicana</i>	Guaqueque	NC
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	NC
	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache común	NC
Puente 51 km 158+650 Ver imagen Mapa de obras de drenaje mayor 22	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical de río	<b>Amenazada</b>

De acuerdo a lo anterior, en el entendido de que los ecosistemas presentes a lo largo del proyecto requieren de puntos de conectividad que funcionen de manera integral para disminuir la fragmentación de los hábitats y ecosistemas, y reducir los impactos derivados, se planteó la necesidad de realizar monitoreos de fauna que permitan valorar los sitios de mayor importancia ecológica en base a sus características de vegetación, calidad del hábitat y topografía, los cuales sumados a indicadores de funcionalidad (éxito), determinen en conjunto los lugares específicos donde se debe mantener la conectividad de los ecosistemas, determinando si los 13 túneles de la ruta original (alternativa 1) cumplirían su función de mitigar impactos significativos (Atropello de fauna, detrimento en su dinámica poblacional, interrupción de recursos hidrológicos y fragmentación de la población de flora, ya que muchos animales terrestres dispersan semillas y regulan las poblaciones de la misma). De acuerdo a esto se realizó el análisis para ambas alternativas, encontrando lo que a continuación se describe.

Con el sustento ambiental generado con los monitoreos de fauna, se pudo valorar la inclusión no sólo de túneles sino también de infraestructura de obras de drenaje menor y mayor a la alternativa 2 o incluso elementos específicos para fauna que permitan reducir la fragmentación de los ecosistemas altamente conservados, y que a su vez, mantengan la dinámica de las comunidades bióticas de dichos sitios (principalmente mamíferos), bajo el principio de conservación de los procesos ecológicos como medida de viabilidad ambiental al proyecto.

De forma preliminar se realizó un análisis de los sitios donde se ubican los túneles diseñados en el eje original (evaluando con los muestreos de fauna en campo para la MIA-R y complementando aquellos que se obtuvieron para los pasos de fauna), donde se diagnosticó lo siguiente:

Sobre la ruta modificada para ésta nueva propuesta del km 91+320 al km 104+650 coincide la ubicación de 3 túneles que estaban proyectados en el eje original SCT (alternativa 1) y que fueron sustituidos por el cambio de ruta de 13.3 km, donde la ruta actualmente pasará por áreas con fragilidad ecológica alta (alternativa 2) comparada con la alternativa 1 o ruta original de la SCT específicamente para éste tramo donde se presenta una fragilidad muy alta del ecosistema. En ésta ruta nueva no se requiere de túneles ya que la topografía permite la construcción de sus terracerías, además de cruzar por un sitio ya previamente impactado por caminos de acceso y el establecimiento de la comunidad Llano crucero, así mismo, ninguna de estas estructuras coincide con algún corredor validado que funcione como paso de fauna de acuerdo a los resultados del monitoreo de todo un año derivados del estudio solicitado en la condicionante No. 24 del oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA.DEI.0553.03. Por lo tanto estas tres estructuras no permitirían mantener un correcto funcionamiento como pasos de fauna.

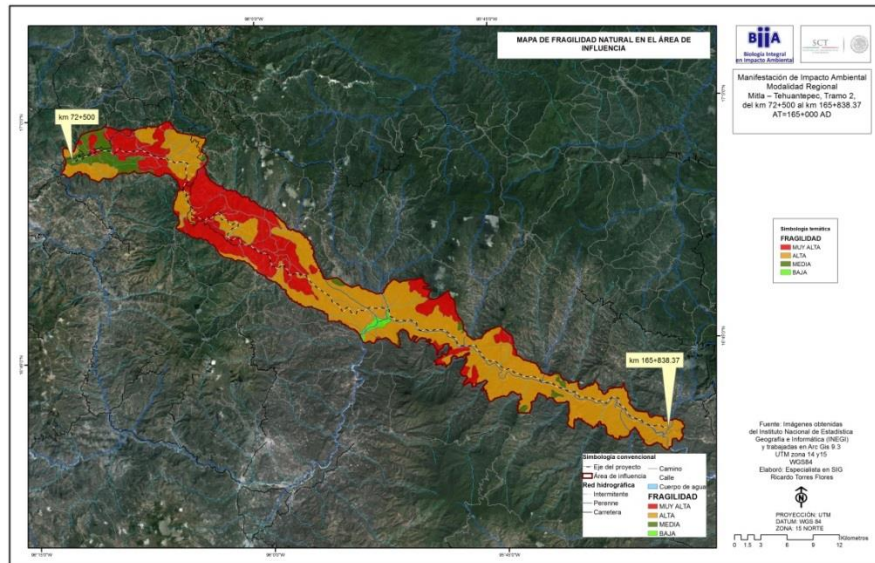


Imagen VII.20 Mapa que muestra la fragilidad natural del área de influencia del eje carretero.

De los 13 túneles considerados en la alternativa 1 o ruta original de SCT, se tiene que tres túneles (Cadenamiento actual: Km 101+920, km 141+980 y km 144+215) se mantienen para la ruta en evaluación o alternativa 2 (dos reubicados a algunos metros de su cadenamiento original de la alternativa 1 y uno en el km 102+040, donde no se contemplaba en la ruta original de SCT o alternativa 1) y 10 de los que fueron propuestos en la ruta original SCT ya no son contemplados en la alternativa 2 (Ruta sometida a evaluación), de los cuales 7 túneles (Cadenamiento del trazo original SCT: Km 91+330, 93+150, 93+800, 108+125, 110+270, 110+735, 121+000, 139+190, 141+420 y 143+613, Ver imagen I.19) no coinciden con ningún corredor de fauna, por lo que ésta infraestructura no tendría la función de permitir que el flujo de las especies no sea interrumpido o no fragmente el ecosistema en su dinámica poblacional. Sin embargo, la alternativa 2 (Ruta en evaluación) contempla obras que coinciden efectivamente con pasos de fauna que se localizan a un costado de los siete túneles que no interceptan el paso de los mismos. Para ver las características de la vegetación de los túneles ver anexo (Anexo digital del capítulo VII).



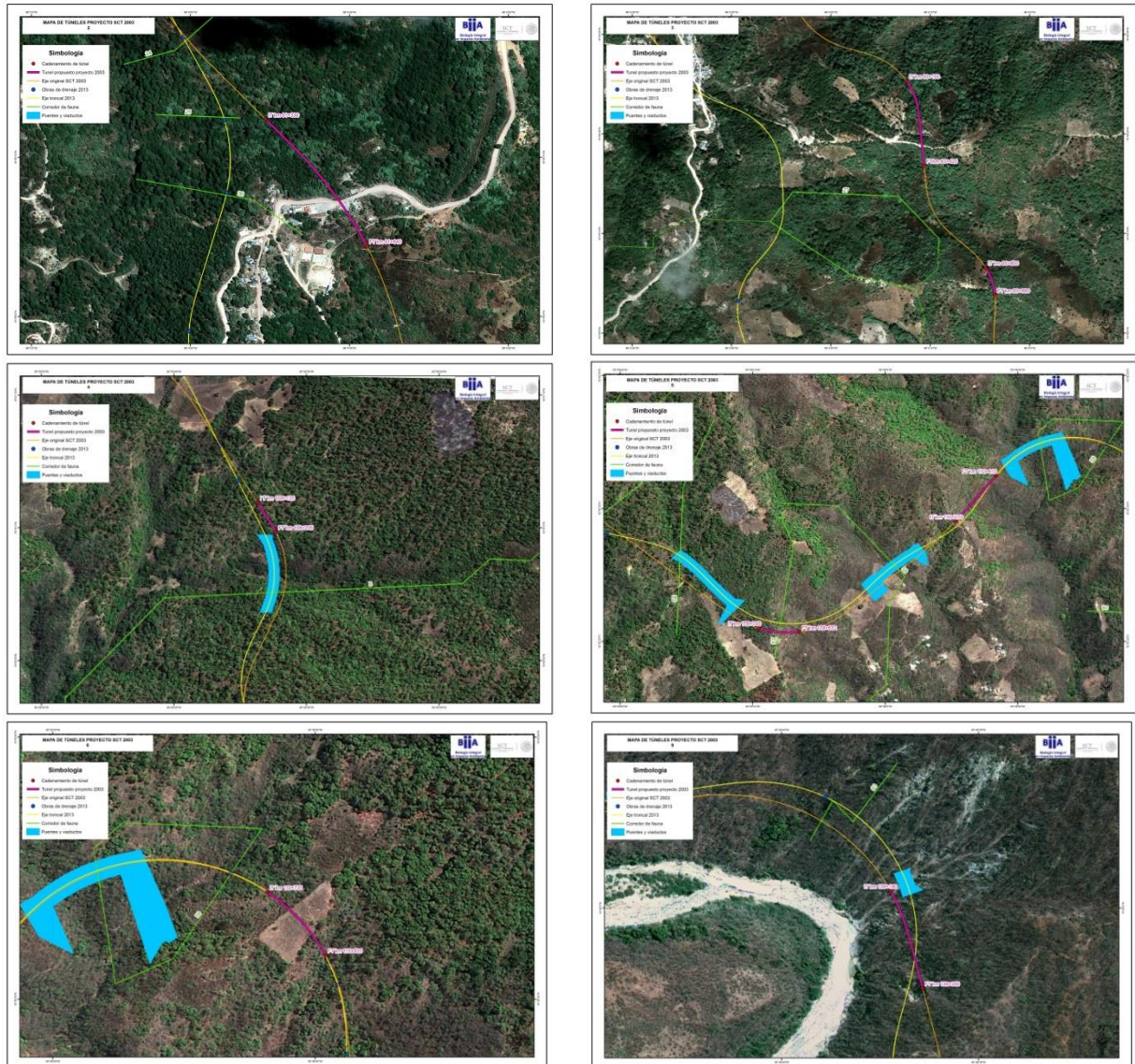


Imagen VII.21 Imágenes de los túneles propuestos en la alternativa 1, los cuales no coinciden con ningún corredor de fauna, donde se aprecia que para la ruta en evaluación (alternativa 2) si contempla obras que permitirán el paso de la fauna y no crearán la fragmentación de las poblaciones de fauna y a su vez de la dinámica de las poblaciones de flora, ya que de la fauna muchas de ellas dependen del transporte de semillas de mamíferos terrestres.

Tres túneles de los 10 que no se contemplan en la ruta en evaluación o alternativa 2 (Cadenamiento del trazo original SCT: Km 87+750, 109+740 y 112+085) coinciden con un corredor de fauna, sin embargo, el túnel que se encontraba ubicado en el cadenamiento 87+750 de su cadenamiento original, sobre éste mismo sitio se cuenta con una obra para el paso de fauna



(Viaducto 7 en el km 87+377) para la alternativa 2 (ruta en evaluación), donde esta corroborado en campo la presencia de las especies: *Odocoileus virginianus*, *Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Procyon lotor*, *Lontra longicaudis*, *Conepatus sp.*, *Didelphis sp.*, *Leptodeira annulata*, *Anolis isthmicus*, *Sceloporus variabilis*, *Phyllodactylus tuberculosus* y *Sceloporus siniferus*; destacando la nutría de río (*Lontra longicaudis*) en éste sitio. Para el caso de los otros dos túneles (Cadenamiento del trazo original SCT: 109+740 y 112+085), uno ubicado a la altura del km 111+200 (Cadenamiento original 109+740) de la alternativa 2 y que ya no se contempla en ésta ruta, actualmente se cuenta con obras de drenaje mayor en el área de influencia de dicho túnel (Puente 13 y 14 km 111+000 y km 111+546 respectivamente), obras que coinciden con algún paso de fauna, por lo que, aunque no existe la presencia del túnel, no se provocará impactos hacia la fauna, ya que las obras permitirán el flujo libre de los mismos, no alternado su dinámica poblacional. Para el caso del túnel ubicado a la altura del km 113+500 (Cadenamiento original 112+085), presenta una obra de drenaje menor al costado del túnel, el cual será adecuado para el paso de la fauna. Por lo tanto, a pesar de no contar con los 10 túneles de 13 propuestos en la alternativa 1 (Ruta original de SCT), se contemplan obras que no impactarán la fragmentación del ecosistema relacionado a la dinámica de las poblaciones.

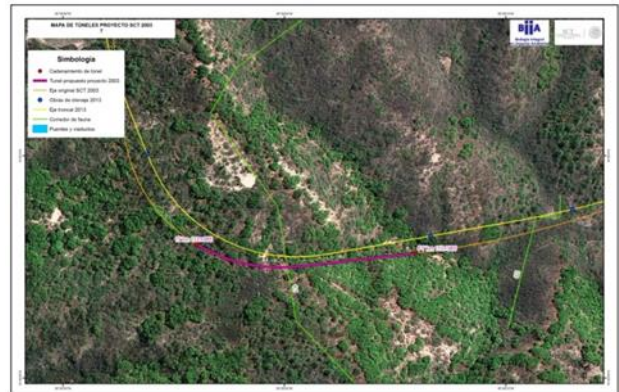
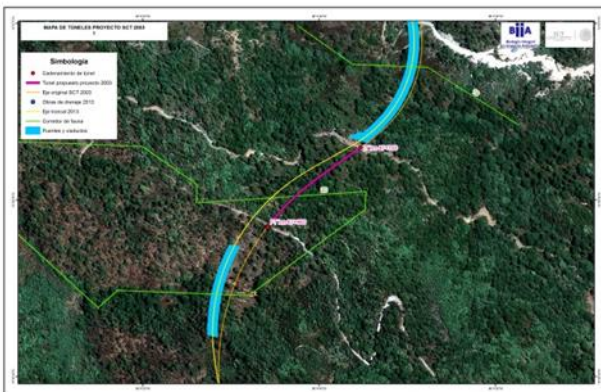


Imagen VII.22 Imágenes de túneles contemplados en la alternativa 1 (línea amarilla) y que coincidían con un algún corredor de fauna, sin embargo, se presenta la alternativa 2 (línea naranja) que considera obras de drenaje mayor que permitirán el paso de fauna, por lo que, no se creara ningún impacto hacia éste recurso por la ausencia de los túneles, ya que la ruta considera diferentes obras que incrementarán el paso de los animales.

De acuerdo a éste análisis, **se concluyó que la alternativa 2, es ambientalmente más viable**, ya que considera cambios en la geometría del tramo 2 del km 72+500 al km 165+838.37AT=165+000AD, principalmente en ajustes necesarios y urgentes por la topografía, que permitirán obtener una mayor estabilidad de los taludes y evitar accidentes futuros suscitados por desprendimientos de material del terreno hacia la superficie de rodamiento, esto se logra al considerar en el diseño de la alternativa 2 una reducción del área de exposición del corte

mediante la elevación del eje del trazo en conjunto con una disminución en la inclinación de los taludes en zonas de terreno inestable. También se busca que la circulación vehicular sea más segura, mediante la disminución en grados de curvas horizontales.

Otra de las conclusiones importantes de la alternativa 2 (ruta en evaluación), es el cambio de ruta del km 91+320 al km 104+650, donde se buscó elevar la rasante del eje, y con ello, minimizar las afectaciones estimadas por el movimiento de suelo, reflejándose en menor riesgo de inestabilidad de taludes al reducir la altura de los cortes originalmente proyectados, y por consiguiente se **reducirán los impactos derivados del cambio de uso en suelos frágiles**, además de cruzar por sitios con **fragilidad natural alta para el caso de la alternativa 2 a diferencia de sitios con fragilidad natural muy alta para el caso de la alternativa 1**. Los terrenos sobre los que transcurre el cambio de ruta presentan mayor disturbio antropogénico debido a que el trazo pasa muy cerca del poblado Llano Crucero, el cual, en sus terrenos circundantes ha desarrollado agricultura y áreas para pastoreo.

Para los entronques Tepuxtepec (km 90+600) y Narro (km 126+640), el enfoque socio-ambiental es positivo, **su construcción beneficiará centros poblacionales importantes** como Santo Domingo Tepuxtepec que tiene la categoría de localidad urbana y Santo Domingo Narro; **su construcción no deriva en incremento de impactos negativos, ya que algunos de los ejes de los entronques se construirán sobre los caminos de terracería existentes que cruzan el eje troncal del proyecto y la vegetación que resultara afectada es de tipo secundaria**. Sin embargo, la construcción de los entronques Lachixila y Totolapilla, sumaran efectos ambientales negativos producidos por la pérdida de vegetación nativa en estado primario, sin embargo, **se contemplan medidas de mitigación enfocadas en la revegetación de áreas libres de obras permanentes**, donde se utilizarán especies propias del tipo de vegetación en que se ubiquen tales obras.

En cuestión de obras especiales, el trazo autorizado (alternativa 1) contaba con únicamente con 28 puentes que resultaban insuficientes para drenar la hidrología superficial que cruza el trazo, por lo que se incrementaron las estructuras de puentes y viaductos que hacían falta y que son necesarios **para mantener la continuidad de los escurrimientos hidrológicos** que cruzan el eje. Ambientalmente este incremento de estructuras tendrá efectos negativos y positivos, por una parte durante la construcción, se producirán efectos negativos derivados de la afectación de vegetación riparia y de la construcción de la infraestructura, sin embargo, **el mayor efecto positivo que producirán, será al darle continuidad a un mayor número de rutas de desplazamiento de fauna**, que se tienen identificadas sobre el trazo del eje troncal (ver mapas del apartado digital para el punto 4 de éste documento); y que el trazo original interrumpía al no considerar algún tipo de estructura, esto sustentado en el hecho de que la longitud sumada de los 54 puentes y 11 viaductos (6.49 km) es mayor, comparada con la de los 28 puentes (3.73 km) del trazo autorizado

del tramo 2, siendo casi el doble, **lo que da mayor probabilidad de permitir la continuidad de la movilidad de especies de fauna** (mamíferos) al poder funcionar estas estructuras como pasos de fauna.

Finalmente los túneles que se contemplaban en la ruta original de la SCT (alternativa 1), **10 de ellos no coinciden con los corredores de fauna**, sitios que ya están validados en campo durante todo un año de muestreo, donde la función de las **obras que si están contempladas en la alternativa 2, si permitirá** a especies importantes de fauna incluso catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 a cruzar de un lado a otro de la carretera, por lo que, al presentar el sitio de estudio principalmente el área de influencia donde se presentarán los mayores impactos, una fragilidad natural alta para enfrentar agentes de cambio tanto naturales como antrópicos, basado en la fortaleza propia de sus componentes, en la capacidad y velocidad de regeneración del medio, describiendo esto último como resistencia, resiliencia, y fragilidad; la comparación entre el trazo original de la SCT (alternativa 1) y el proyecto en evaluación (alternativa 2) indica que hay diferencias importantes en cuanto a las zonas con fragilidad intervenidas por la alternativa 2 debido al cambio de ruta de 13.3 km donde se reducen los sitios de fragilidad muy alta a alta en comparación a la alternativa 1. Por lo tanto la alternativa 2 (ruta en evaluación) contempla obras que reducen significativamente el impacto de lo que originaría la alternativa 1 una vez que opere el eje carretero.



**Túnel del km 87+750 al km 87+960; Longitud: 210 m**



Imagen VII.23 Ubicación del túnel km 87+750 - km 87+960 de acuerdo al proyecto del 2003.

El tipo de vegetación presente del túnel ubicado en el km 87+750 – km 87+960 alrededor de un 1km es bosque encino-pino en estado secundario [sustentado por la cartografía generada para la serie III INEGI (INEGI, 2005)], el cual presenta las especies: *Arbutus xalapensis*, *Buddleia cordata*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus chiapensis*, *Quercus compersa*, *Quercus magnoliifolia*. Se observa fragmentación y discontinuidad en la cobertura vegetal por la presencia de caminos y brechas que dirigen a la localidad de Santo Domingo Tepuxtepec (3.65 km al este), que ha provocado un efecto borde y la apertura de claros que han sido colonizados



por especies de tendencia malezoide (*Wigandia urens*, *Lantana camara* y *Ricinus comunis*) además se ha favorecido la extracción de encinos para carbón y resina en algunas especies de pinos, creando el efecto de pinarización consolidado por las quemas y programas gubernamentales de reforestación. En sitios de la cañada baja (230 m del inicio del túnel) se presentan zonas de cultivo de maíz (*Zea mays*).

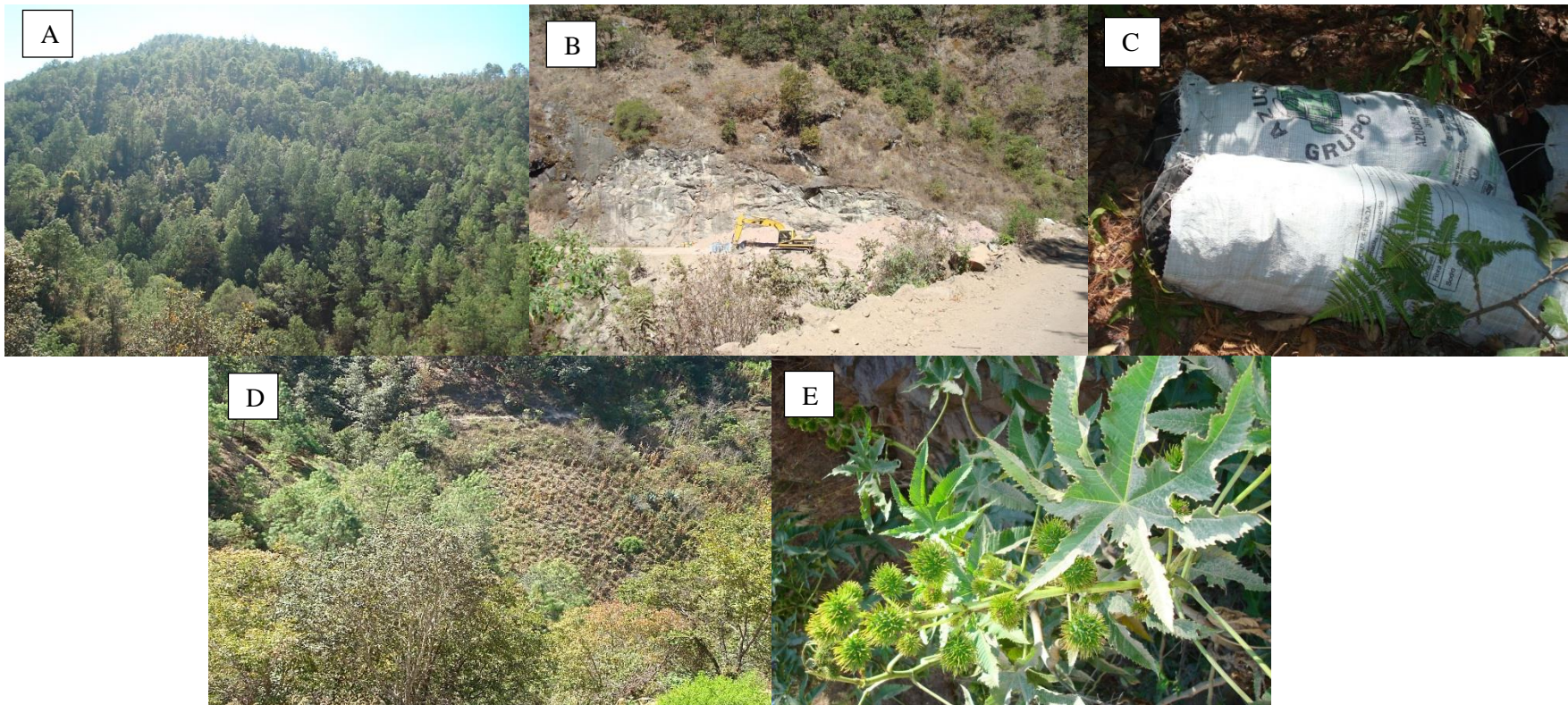


Imagen VII.24 A) Panorámica del sitio donde se presentan el fenómeno de pinarización. B) Apertura y mantenimiento de caminos. C) Extracción de recursos forestales. D) Sustitución de cobertura vegetal para cultivo. E) *Ricinus comunis* especie común en orillas de caminos.



### Túnel del km 91+330 al km 91+640; Longitud: 290 m

Este sitio es ubicado (inicio del túnel) a 244 m al suroeste de la localidad Llano Crucero, en los alrededores de esta localidad se presenta en estado secundario bosques de encino-pino, el cual ha sido ampliamente utilizado para construcciones de viviendas y para leña, se presentan árboles mayores a 10 m de altura y diámetros arriba de 50 cm de *Pinus spp.*, principalmente *Pinus pseudostrabus*, que proporcionan sombra y evitan la erosión del suelo en cañadas y laderas, mientras que los encinos presentan diámetros pequeños menores a 40 cm y alturas de 4 m aproximadamente debido a su extracción principalmente para leña. Por lo que se presenta fragmentación y discontinuidad de la cobertura arbórea por extracción de especies y de uso de sitios para el establecimiento de agricultura a 50 m del fin del túnel.

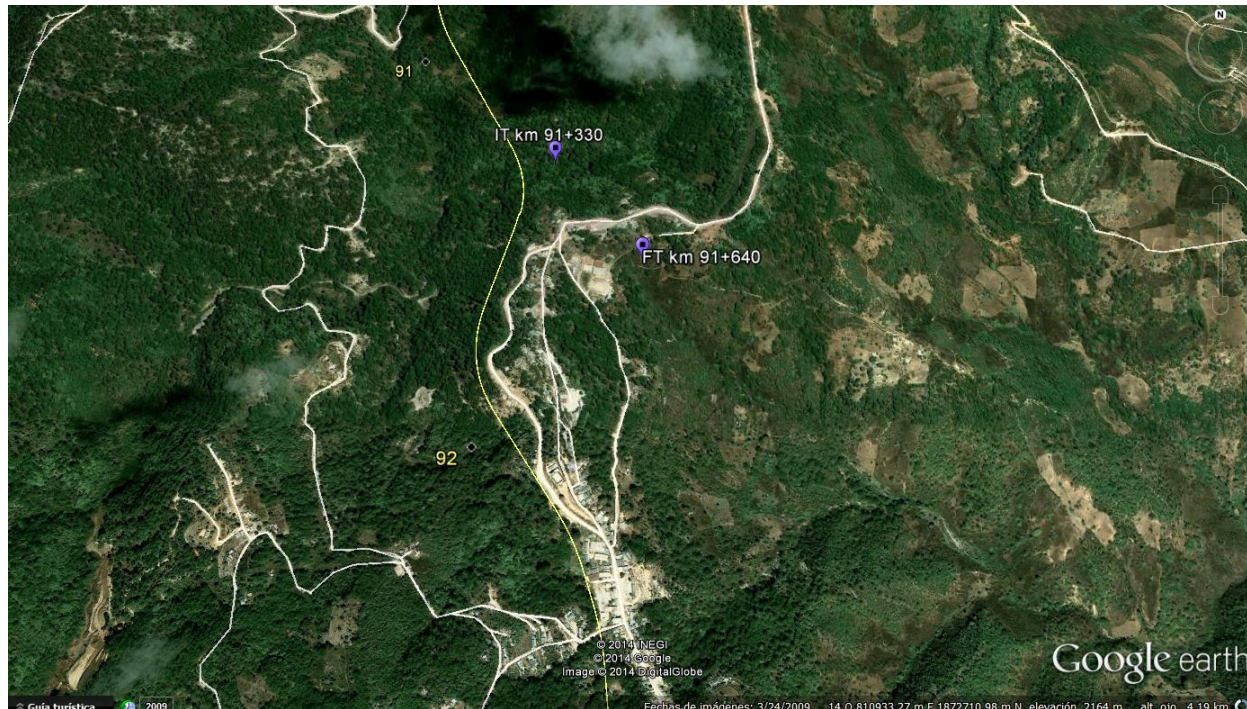


Imagen VII.25 Ubicación del túnel km 91+330 – km 91+640 de acuerdo al proyecto 2003.



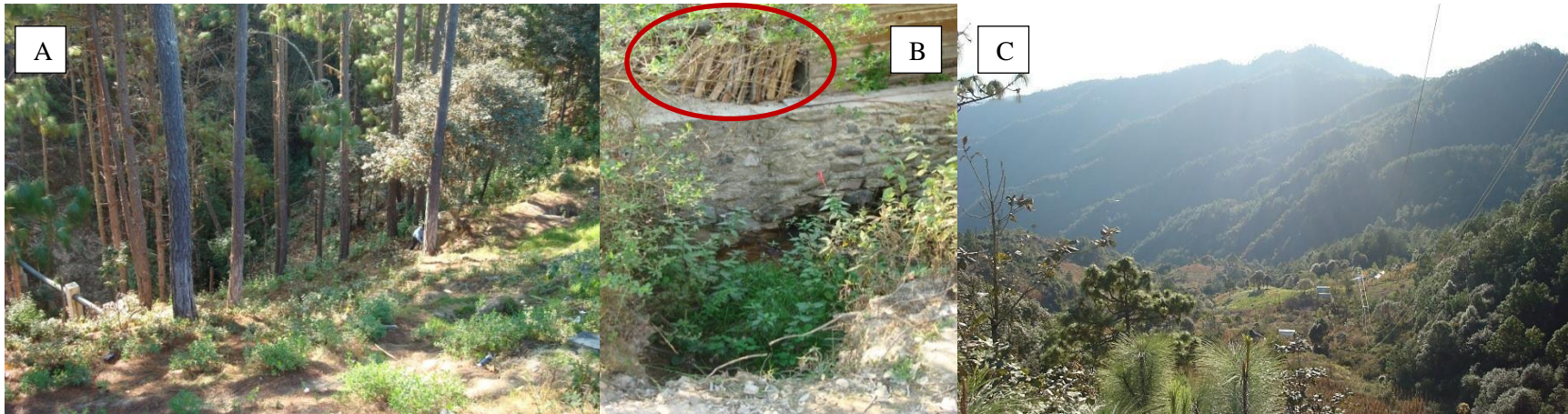


Imagen VII.26 Figura A. Panorámica del sitio cercano al fin del túnel. B Extracción de recursos forestales. C Sustitución de cobertura vegetal por cultivos.

**2 Túneles del km 93+150 al km 93+420 y del km 93+800 al km 93+890; Longitudes: 260 m y 90 m, respectivamente.**

Dentro de un radio de 1 km aproximadamente de la construcción del túnel ubicado en el km 93+150 al km 93+420, al inicio del túnel hacia el este a 100 m aproximadamente se encuentra una zona donde la cubierta vegetal ha sido sustituida para el cultivo de maíz (*Zea mays*) alternada con agaves (*Agave angustifolia*), mientras a 365 m al suroeste se presentan construcciones, por lo que se no se presenta la continuidad de la cubierta vegetal a pesar de contar con bosques de pino-encino en sucesión secundaria. En estos sitios se preservan principalmente árboles del género *Pinus spp.* De igual, forma se observa este fenómeno al inicio del túnel km 93+800 al km 93+890, donde se presentan terrenos desmontados para su uso agrícola y una sucesión de brechas y caminos, presentando el mismo tipo de vegetación en la sucesión mencionada.



Imagen VII.27 Ubicación de los túneles km 93+150 – km 93+420 y km 93+800 – km93+890 de acuerdo al proyecto 2003.



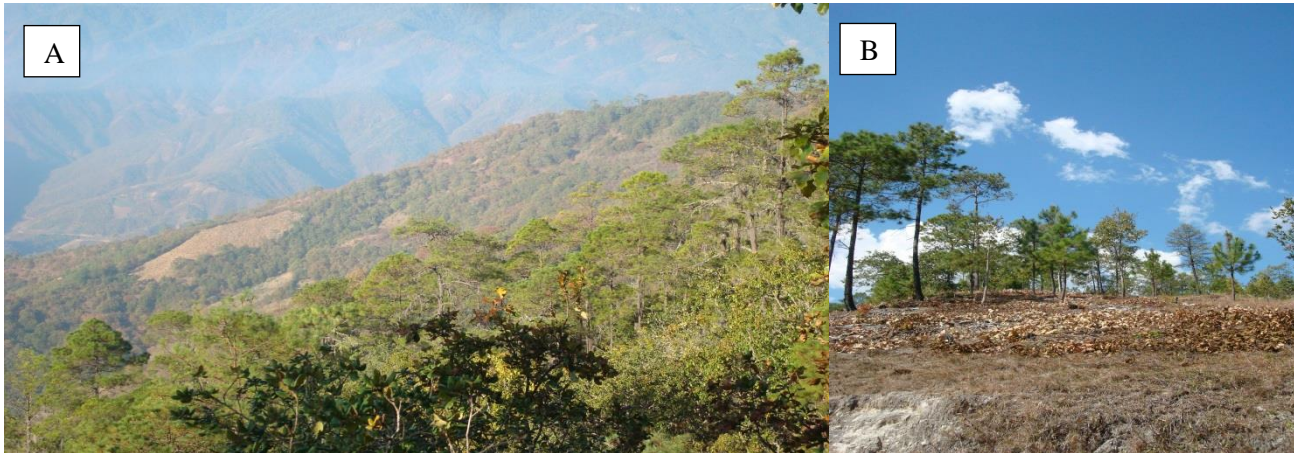
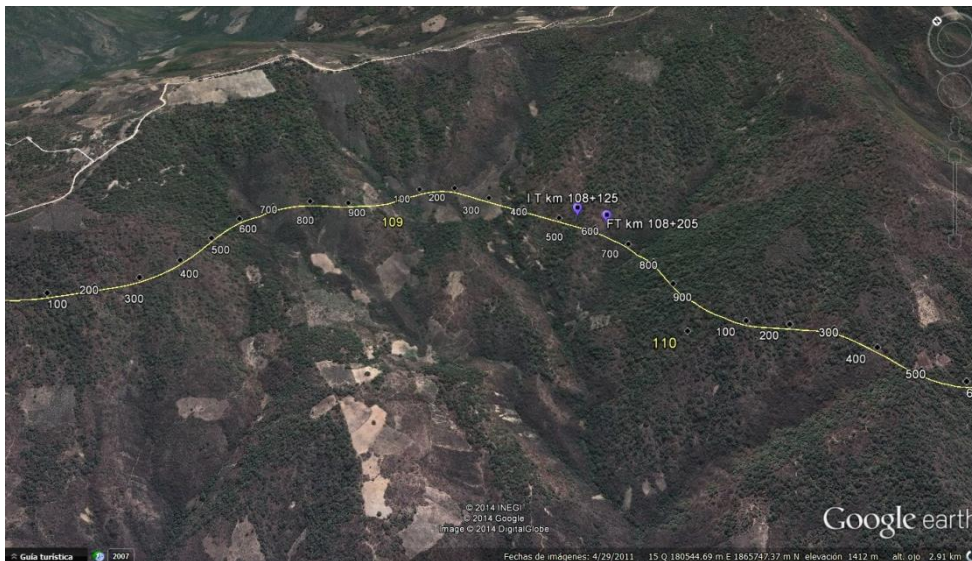


Imagen VII.28 Figura A.  
Panorámica del sitio cercano a los  
túneles proyectados. B Desmonte de  
zonas para actividades agrícolas.

Túnel del km 108+125 al km 108+205; Longitud: 80 m



La vegetación presente alrededor de un 1 km es bosque encino-pino en estado secundario, hacia la parte noreste se presentan a 130 m zonas desmontadas al inicio del túnel, en esta zona se presentan especies de *Quercus spp.* principalmente *Q. crassifolia* de alturas menores y mayor apertura de claro, debido a los efectos de una zona de transición más cálida, en las cuales se aprovecha la zona para la selección de especies nativas para la introducción de campos agrícolas; lo que ha favorecido la discontinuidad de cobertura y la fragmentación que es visible en la zona.

Imagen VII.29 Ubicación del túnel km 108+125 – km 108+205.

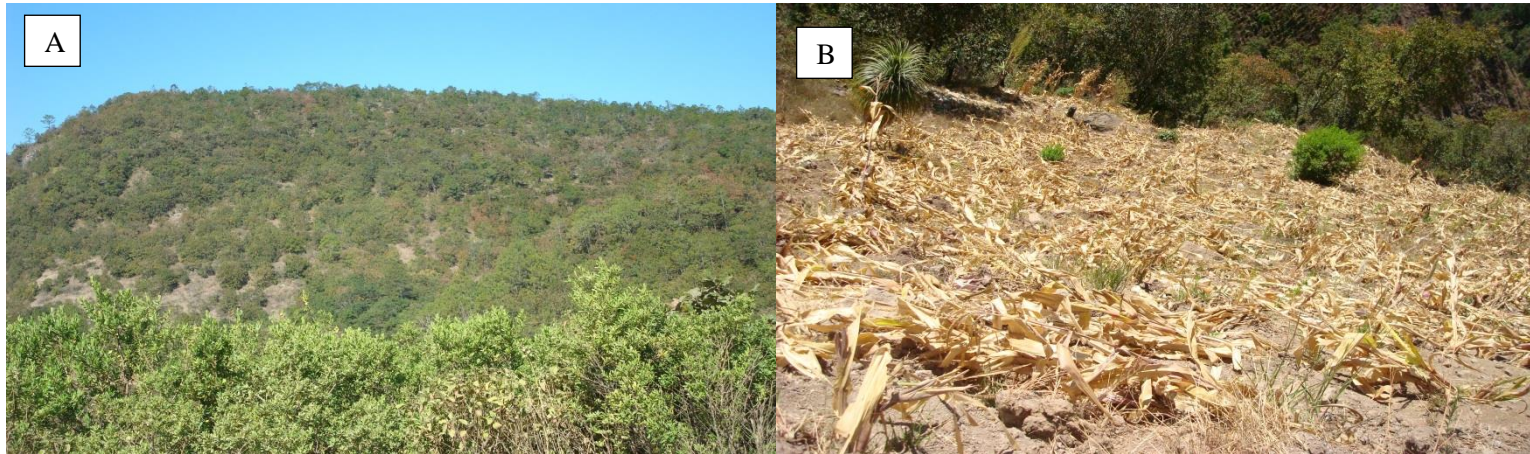


Imagen VII.30 Figura A. Panorámica del sitio cercano a los túneles proyectados. B Desmonte de zonas para actividades agrícolas.

**4 Túneles del km 109+740 al km 109+832, del km 110+270 al km 110+410, del km 110+735 al km 110+385 y del km 112+085 al km 112+385; Longitudes: 90 m, 140 m, 110 m, y 300 m, respectivamente.**

Estos túneles agrupados se presentan en una zona de transición entre bosque de pino-encino y selva baja caducifolia en estado de sucesión secundaria, donde alrededor de 1 km de radio se presentan la conversión de la cubierta vegetal sustituyéndose por campos de cultivo de *Agave angustifolia principalmente*, lo que ha provocado la fragmentación, esto causa efectos en el reclutamiento.

Nota: No se presentan fotografías debido a que no puedo acceder al sitio, sin embargo, las imágenes de Google y SIG, además la tendencia de degradación del sitio siguen la tendencia.



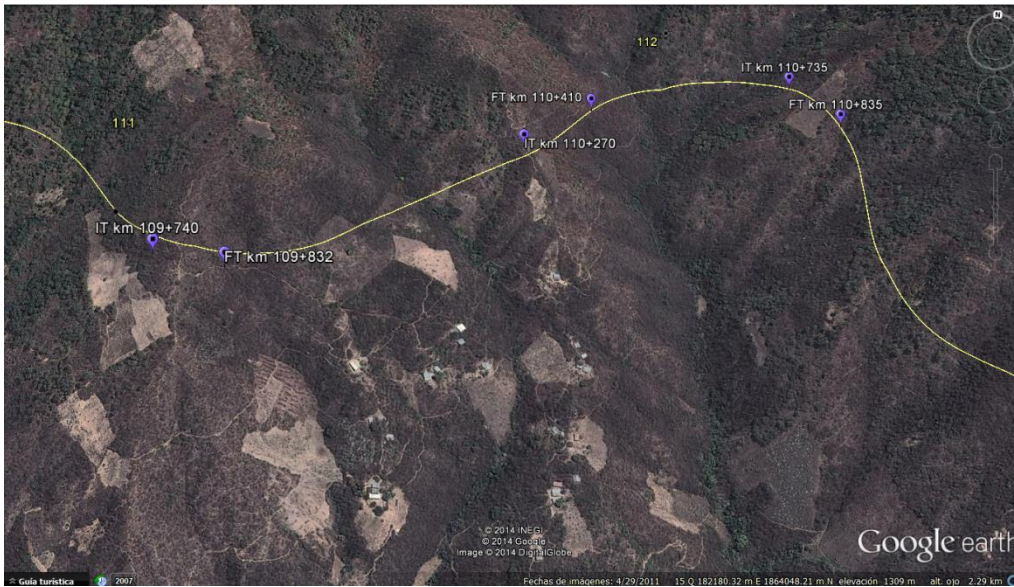


Imagen VII.31 Ubicación de los túneles km 109+740 – Km 109+832, km110+270 – km 110+410 y km 110+735 – km 110+835.



Imagen VII.32 Ubicación del túnel Km 112+085 – km 112+385

**Túnel del km 121+000 al km 121+170; Longitud: 170 m**

La vegetación presente alrededor de un 1 km es selva baja caducifolia en estado secundario, hacia la parte sureste se encuentra la localidad de Narro a 4.53 km, en sus alrededores se ha desarrollado la agricultura por lo que se ha fragmentado este tipo de vegetación, que ha favorecido la erosión del suelo.



Imagen VII.33 Ubicación del túnel km 121+000 – km 121+170





Imagen VII.34 Figura A. Erosión causada por desmonte de la selva baja caducifolia. B Desmonte de zonas para actividades agrícolas.

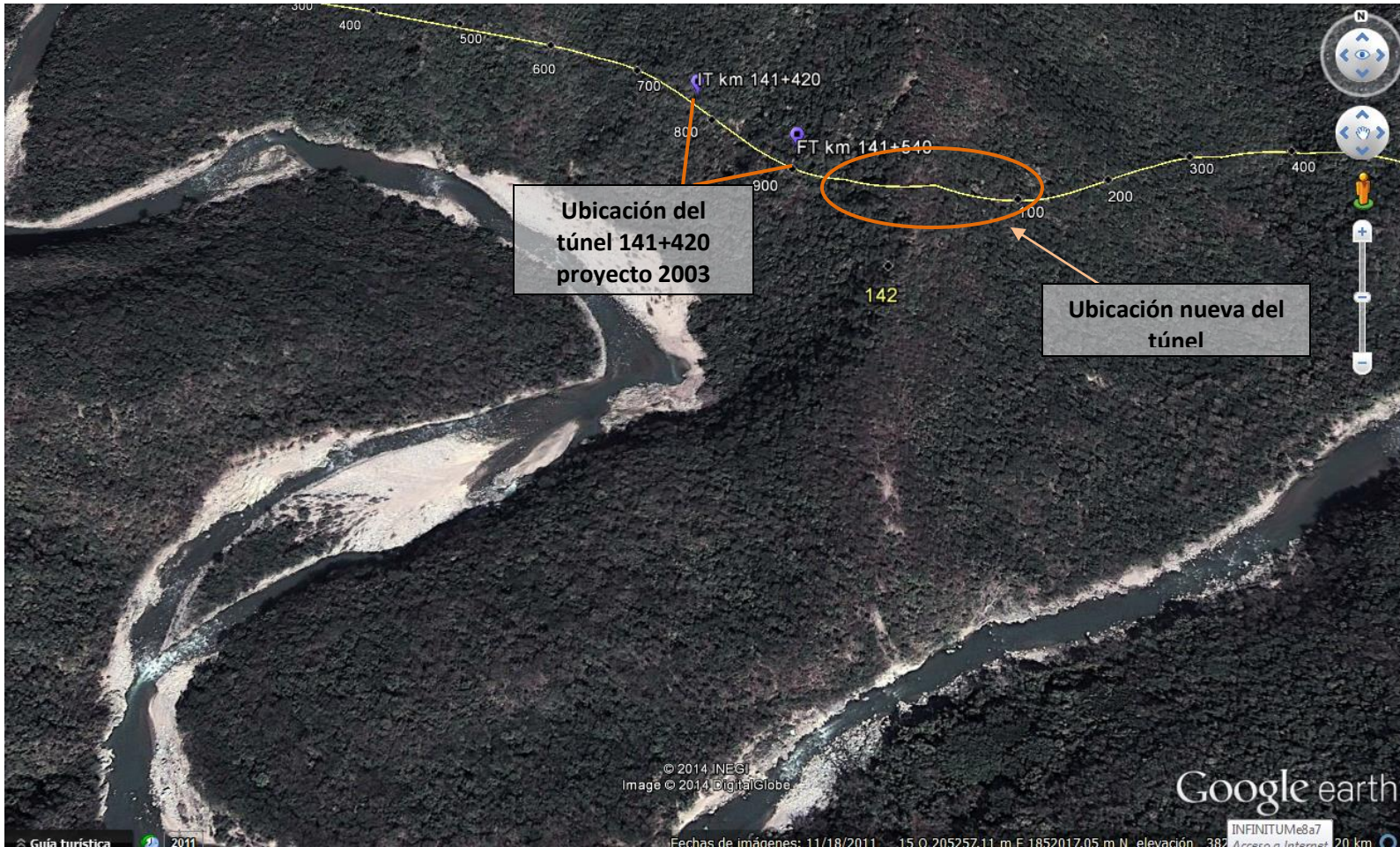
#### **Túnel del km 139+190 al km 139+350; Longitud: 160 m**

Este túnel se eliminó del proyecto original SCT y se sustituyó por sección en corte en el eje modificado, manifestándose en una superficie de cerros en corte de 8774.97 m<sup>2</sup>, **donde se tendrá que indicar que el volumen de corte en esta superficie es menor que el que se generaría con la construcción del túnel.**

Dentro del tipo de vegetación presente para los subsiguientes túneles, está la selva baja en estado primario, debido a la falta de accesibilidad de los sitios debido al relieve por lo que se ha mantenido casi intacta esta comunidad vegetal, las principales especies representadas son las familias: Fabaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Cactaceae, Malphigiaceae y Anacardiaceae, en zonas cercanas de aluvión y pendiente ligera se presentan selvas espinosas en asociaciones arbustivas.



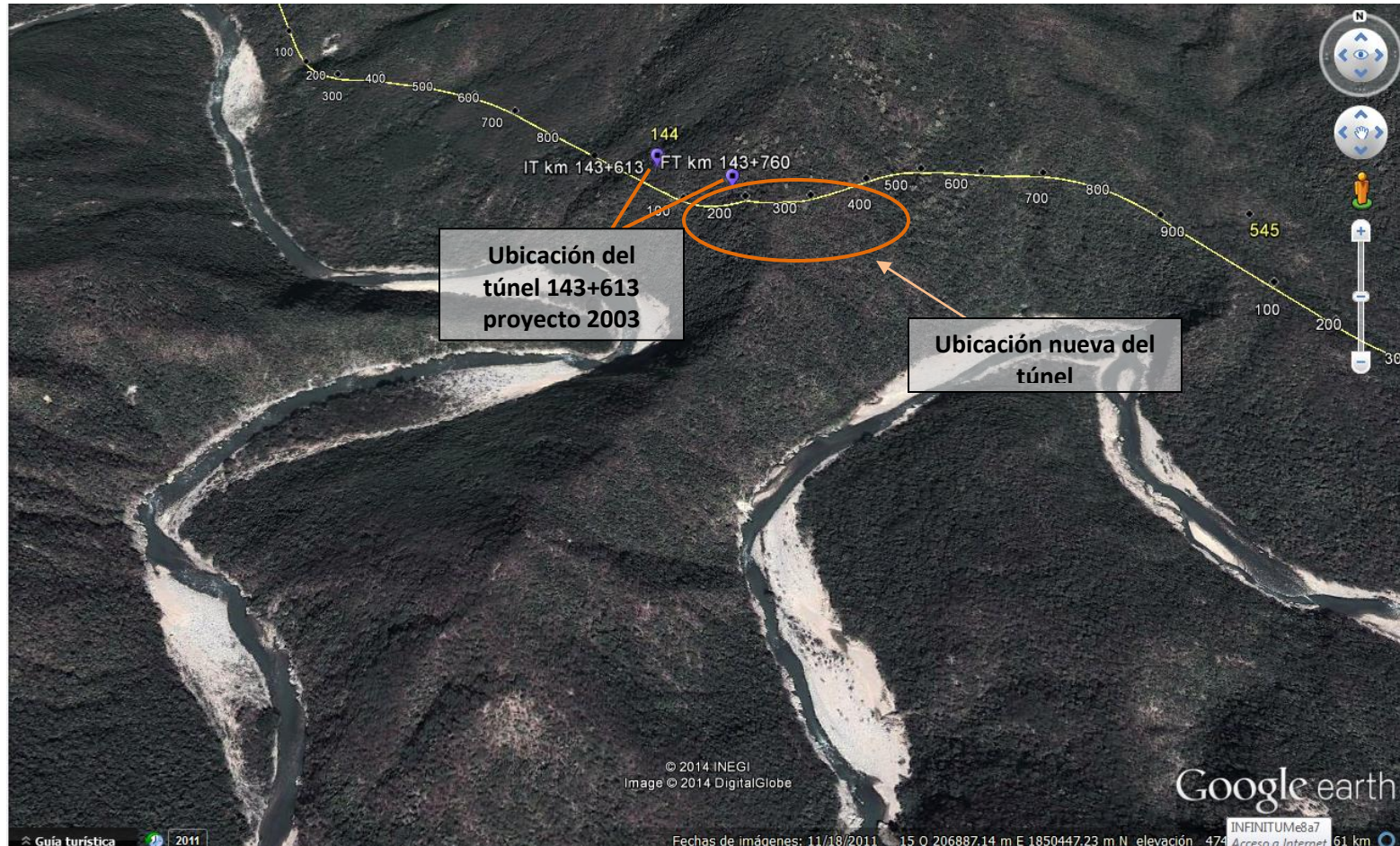
**Túnel del km 141+420 al km 141+540; Longitud: 120 m**





**Túnel del km 143+613 al km 143+760; Longitud: 150 m**

INEGI. 2005. Serie III Tipos de Vegetación.



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

### VIII.1 Presentación de la información

#### VIII.1.1 Cartografía

##### ***Mapas temáticos***

*AICA*  
*Acuíferos*  
*Climas*  
*Cuenca hidrológica*  
*Degradación de suelos*  
*Edafología*  
*Erosión hídrica*  
*Fallas geológicas*  
*Hidrología subterránea*  
*Localización*  
*Municipios*  
*Pendientes*  
*Provincia fisiográfica*  
*Región hidrológica*  
*RTP*  
*Sitios prioritarios*  
*Subcuenca hidrológica*  
*Subprovincia*  
*Topoformas*  
*Uso de suelo y vegetación*

#### VIII.1.2 Reportes Fotográficos

*Catálogo de Fauna*  
*Catálogo de flora*  
*Catálogo de estructuras*  
*Catálogo fotográfico aéreo*

## VIII.2 Otros Anexos

### VIII.2.1 Anexos digitales

*Anexo digital del capítulo II*  
*Anexo digital del capítulo III*  
*Anexo digital del capítulo IV*  
*Anexo digital del capítulo V*  
*Anexo digital del capítulo VI*  
*Anexo digital del capítulo VII*

### VIII.2.2 Anexo digital de cartografía temática del proyecto

*Áreas prioritarias*  
*Clima (AI)*  
*Degradación de suelos (AI)*  
*Edafología (AI)*  
*Hidrología subterránea (AI)*  
*MOEG*  
*Provincia fisiográfica (AI)*  
*Región hidrológica (AI)*  
*Subcuenca hidrológica*  
*Subprovincia (AI)*  
*UBA*  
*Uso de suelo y vegetación (AI)*  
*CUS eje troncal*  
*Estructuras adicionales (CUS)*  
*Estructuras y pasos de fauna*  
*Zonas arqueológicas*  
*Porcentajes de SAR y AI de mapas temáticos*

### VIII.2.3 Cartografía digital (coordenadas, superficies, shp's)

*Coordenadas del eje*  
*Coordenada de polígonos de CUS (línea de ceros)*  
*Coordenadas de estructuras adicionales*  
*Coordenadas de CUS de estructuras adicionales*  
*Coordenadas de bancos de préstamo y de tiro*  
*Coordenadas de caminos de acceso*  
*Longitud de caminos de accesos*

*Superficies de CUS de caminos de acceso y  
bancos de tiro y préstamo*

#### **VIII.2.4 Anexo digital de listados bióticos**

*Lista de Fauna de probable ocurrencia*

*Lista de flora de probable ocurrencia*