



***Debida diligencia  
Técnica y Revisión de  
contrato de concesión  
para la autopista  
Amozoc – Perote y  
Libramiento de  
Perote.***

Alom

28-05-2024

**FIBRAMX**

Abril 2024

Citlali Janet Partida Huerta, Grupo Cal y Mayor

28/Mayo/2024

**HOJA EN BLANCO**

### INFORMACIÓN DE CONTROL

Documento	430-394 Informe Amozoc Perote V0.1
Centro de Costos	430-394
Fecha	Abril 2024
Preparado por	---

### REGISTRO DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Versión	Autorización	
			Nombre / Cargo	Firma
01	14/04/2024	Documento Inicial	No aplica	No aplica
02	18/04/2024	V0.1	Ubaldo Verdejo Lara / Project Manager	Câmbios Diversos
03	29/04/2024	V0.2	Ubaldo Verdejo Lara / Project Manager	Câmbios Diversos
04	30/04/2024	V1.00	Ubaldo Verdejo Lara / Project Manager	Câmbios Diversos

**Cal y Mayor y Asociados** desarrolló la estimación de egresos de acuerdo con la experiencia de los especialistas, alcanzada a través de la participación en proyectos de este tipo en diferentes activos carreteros tanto nacionales como en el extranjero.

Cualquier otra parte autorizada por nuestro cliente para utilizar este informe sólo podrá hacerlo de manera completa y no en forma parcial o resumen.

**PÁGINA EN BLANCO**

## EQUIPO



Socio

### Fernando Chong Garduño

Ingeniero Civil / Maestría en Ingeniería con Especialidad en Vías Terrestres / Perito Profesional en Vías Terrestres - Conservación

[fchongg@calymayor.com.mx](mailto:fchongg@calymayor.com.mx)

Experto en intervención en contratos de gestión por cumplimiento de niveles de servicio y/o estándares de desempeño, a nivel nacional, e internacional con más de 28 años de experiencia.



Consultor Principal

### Ubaldo Verdejo Lara

Ingeniero Civil / Especialización en vías terrestres / Maestría en dirección y administración de empresas / Project Management Professional

[uverdejo@calymayor.com.mx](mailto:uverdejo@calymayor.com.mx)

Especialista en ejecución, seguimiento y control de proyectos relacionados con la conservación de vías terrestres, estructuración de Asociaciones Público-Privadas, contratos de gestión por Indicadores de Servicio, diagnósticos y evaluación de infraestructura carretera con más de 16 años de experiencia.



Consultora Sr.

### Citlali Janet Partida Huerta

Ingeniera Civil / Maestría en Vías Terrestres y Movilidad.

[cpartida@grupocalymayor.com.mx](mailto:cpartida@grupocalymayor.com.mx)

Especialista en supervisión de conservación periódica, rutinaria y operación de la infraestructura carretera, con más de 10 años de experiencia.



Consultor Jr.

### Diego González Luna

Ingeniero Civil / Maestría en Administración de Negocios

[dgonzalez@calymayor.com.mx](mailto:dgonzalez@calymayor.com.mx)

Con experiencia de más de 5 años en la conservación de vías terrestre, operación de Autopistas concesionadas y elaboración de bases de licitación en contratos bajo cumplimiento de estándares de desempeño, con conocimientos en el área de Sistemas Inteligentes de Transporte, Equipos de peaje y del Nuevo Modelo de Peaje en México

### Rafael Gracida Jiménez

*Consultor Jr.*

Ingeniero Civil

[rgracida@grupocalymayor.com](mailto:rgracida@grupocalymayor.com)

Con experiencia de más de 9 años en supervisión de conservación, rutinaria y periódica de autopistas incluyendo, el diagnóstico del estado físico, revisión y diseño estructural del pavimento, cuantificación y elaboración de programas de conservación en proyectos bajo el esquema de cumplimiento de estándares de desempeño.

*Consultor Jr.*

### **Jahaziel Isai López Gómez**

Ingeniero Civil

[jlopezg@grupocalymayor.com](mailto:jlopezg@grupocalymayor.com)

Experto Técnico con experiencia de más de 9 años en vías terrestres, en el diagnóstico del estado físico de las Autopistas, análisis, cuantificación y elaboración de programas de conservación rutinaria y periódica,

*Consultor Jr.*

### **Omar Misael Navarrete Escobedo**

Ingeniero Civil

[onavarrete@grupocalymayor.com.mx](mailto:onavarrete@grupocalymayor.com.mx)

Experto Técnico con experiencia de más de 9 años en vías terrestres, en el diagnóstico del estado físico de las Autopistas, análisis, cuantificación y elaboración de programas de conservación rutinaria y periódica, seguimiento y control de proyectos viales en operación.

*Consultor*

### **Karen Ahilut Flores Camarín**

Ingeniero Civil

[kflores@grupocalymayor.com](mailto:kflores@grupocalymayor.com)

Con experiencia de más de 4 años en control de proyecto, relacionados con la conservación de la infraestructura vial, así como supervisión y evaluación técnica de carreteras.

*Consultor***Dacireht Pérez Clavel**

Ingeniero Civil

[dperez@grupocalymayor.com](mailto:dperez@grupocalymayor.com)

Con 2 años de experiencia en proyectos de auscultación carretero y aeropuertos, realizando actividades de coordinación de trabajos en campo, análisis y procesamiento de resultados, así como la implementación y gestión del sistema de gestión de activos carreteros para diferentes concesiones.

*Consultor***Omar Yael Orozco Juárez**

Ingeniero Civil

[oorozco@grupocalymayor.com](mailto:oorozco@grupocalymayor.com)

Con experiencia de más de 1 año en supervisión de conservación, rutinaria y periódica de autopistas.

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES DE LA AUTOPISTA AMOZOC Y LIBRAMIENTO PEROTE.....</b>	<b>2</b>
2.1	LOCALIZACIÓN.....	2
2.2	TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN.....	4
2.3	SISMICIDAD.....	12
2.4	GEOLOGÍA.....	16
<b>3</b>	<b>RECORRIDO AL SITIO DE LA VÍA EN ESTUDIO.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTABLECIDAS EN EL TÍTULO DE CONCESIÓN. ....</b>	<b>25</b>
4.1	EVALUACIÓN DE SERVICIOS EN LA CASETA Y PLATAFORMA, SERVICIOS EN EL CAMINO .....	26
4.2	EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA AUTOPISTA Y LIBRAMIENTO.....	27
4.3	EVALUACIÓN DE 500 PUNTOS .....	29
4.4	CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LOS TRABAJOS.....	31
<b>5</b>	<b>RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE ANALIZADA.....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>CRITERIOS DE PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA, RUTINARIA Y DE OPERACIÓN .....</b>	<b>34</b>
6.1	CONSERVACIÓN RUTINARIA .....	34
6.1.1	<i>Consideraciones de cada concepto en el programa de conservación rutinaria ....</i>	<i>39</i>
6.2	CONSERVACIÓN PERIÓDICA.....	49
6.2.1	<i>Pavimento.....</i>	<i>50</i>
6.2.2	<i>Actividades Particulares del programa CAPEX .....</i>	<i>69</i>
6.3	PROGRAMA DE OPERACIÓN .....	86
6.3.1	<i>Infraestructura.....</i>	<i>87</i>
6.3.2	<i>Vehículos, mantenimiento y combustibles.....</i>	<i>87</i>
6.3.3	<i>Personal.....</i>	<i>88</i>
6.3.4	<i>Materiales .....</i>	<i>89</i>
<b>7</b>	<b>PROGRAMAS DE EROGACIONES .....</b>	<b>90</b>
7.1	EGRESOS POR CONSERVACIÓN RUTINARIA Y SERVICIOS DE INGENIERO INDEPENDIENTE (MANTENIMIENTO MENOR) .....	90
7.2	EGRESOS POR CAPEX (CONSERVACIÓN PERIÓDICA, EDIFICACIONES Y EQUIPAMIENTO) .....	90
7.3	EGRESOS DE OPERACIÓN.....	90
<b>8</b>	<b>COMPARATIVA DE PROGRAMA DE EROGACIONES OPEX .....</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>COMPARATIVA DE PROGRAMA DE EROGACIONES CAPEX.....</b>	<b>100</b>

<b>10 ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA PARA UNA EVENTUAL AMPLIACIÓN DE LA AUTOPISTA AMOZOC PEROTE.....</b>	<b>109</b>
<b>11 ANÁLISIS DE COSTOS PARÁMETRICOS A NIVEL EXPERTO.....</b>	<b>110</b>
11.1 METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	110
<i>Señalamiento y dispositivos de seguridad en carreteras.</i> .....	110
11.1.2 <i>Obra civil.</i> .....	112
<b>12 PRESUPUESTO PARÁMETRICO. ....</b>	<b>116</b>
<b>13 CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>

### FIGURAS

Figura 1 Autopista Amozoc – Perote, México.....	10
Figura 2 Mapa de localización.....	10
Figura 3. Croquis de localización de Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	3
Figura 4 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Flor del Bosque .....	5
Figura 5 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Canoa .....	6
Figura 6 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Acajete.....	7
Figura 7 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Capulac.....	8
Figura 8 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Tepeyahualco .....	9
Figura 9 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Zitlaltepec .....	10
Figura 10 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Cuapiaxtla.....	11
Figura 11 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Perote .....	12
Figura 12 Placas Tectónicas y Epicentros de sismos en México según el SSN, se señala la carretera Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	13
Figura 13 Placas Tectónicas en México según el SSN, se señala la carretera Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	14
Figura 14 Regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015) con los 2466 municipios que conforman la República Mexicana.....	14
Figura 15 Regionalización sísmica Puebla. ....	15
Figura 16 Situación sismo tectónica de Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	16
Figura 17 Carta geológica-mineral (Puebla y Tlaxcala).....	17
Figura 18 Simbología de la carta geológica – mineral (Puebla y Tlaxcala) .....	18
Figura 19 Carta geológica-mineral (Perote).....	19
Figura 20 Simbología de la carta geológica – mineral (Perote) .....	20
Figura 21 Parámetros obtenidos para la Autopista Amozoc – Perote .....	51

Figura 22 Parámetros obtenidos para el Libramiento Perote CPO A.....	51
Figura 23 Parámetros obtenidos para el Libramiento Perote CPO B.....	52
Figura 24 Solución tabular para el método de diferencias acumuladas.....	53
Figura 25 Ejemplo de delimitación de unidades de análisis por el método de diferencias acumuladas.....	54
Figura 26 Sectores o tramos homogéneos resultantes (Autopista Amozoc – Perote) .....	55
Figura 27 Sectores o tramos homogéneos resultantes (Libramiento Perote CPO A) .....	56
Figura 28 Sectores o tramos homogéneos resultantes (Libramiento Perote CPO B) .....	57
Figura 29 Proceso del Método AASHTO para proponer trabajos de conservación mayor en pavimentos existentes .....	58
Figura 30 Perdida de capacidad estructural a través del tiempo por aplicaciones de carga del tránsito.....	59
Figura 31 Proceso del análisis con HDM4 .....	63
Figura 32 Configuración del modelo .....	64
Figura 33 Acciones de Mantenimiento .....	65
Figura 34 Propuestas de mantenimiento .....	66
Figura 35 Ejemplo de gráfica de IRI promedio generada con HDM-4 .....	66
Figura 36 Programación de los trabajos (Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	68
Figura 37. Croquis de localización de Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	109
Figura 38. Secciones tipo de Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.....	113
Figura 39. Criterio para la determinación de volumen de corte y terraplén. ....	113
Figura 40. Segunda categoría de estimación de volumen de terraplén.....	114

## TABLAS

Tabla 1. Segmentación de los activos carreteros .....	3
Tabla 2 Ubicación de las estaciones climáticas en el sitio del proyecto (Puebla, Tlaxcala y Veracruz).....	4
Tabla 3 Estadísticas climatológicas normales de la estación Flor del Bosque .....	4
Tabla 4 Estadísticas climatológicas normales de la estación Canoa .....	5
Tabla 5 Estadísticas climatológicas normales de la estación Acajete.....	6
Tabla 6 Estadísticas climatológicas normales de la estación Capulac .....	7
Tabla 7 Estadísticas climatológicas normales de la estación Tepeyahualco.....	8
Tabla 8 Estadísticas climatológicas normales de la estación Zitlaltepec .....	9
Tabla 9 Estadísticas climatológicas normales de la estación Cuapiaxtla .....	10
Tabla 10 Estadísticas climatológicas normales de la estación Perote .....	11

Tabla 11 Calificaciones para estado de servicio.....	26
Tabla 12 Calificación ISA.....	28
Tabla 13. Parámetros de calificación de 500 puntos.....	29
Tabla 14. Rangos de calificación de estado físico.....	29
Tabla 15 Zonas homogéneas (Autopista Amozoc – Perote).....	55
Tabla 16 Zonas homogéneas (Libramiento Perote CPO A).....	56
Tabla 17 Zonas homogéneas (Libramiento Perote CPO B).....	57
Tabla 18 Configuración vehicular.....	60
Tabla 19 Ejes equivalentes requeridos.....	61
Tabla 20 Ejes equivalentes requeridos.....	61
Tabla 21 Resultados del requerimiento de refuerzo.....	61
Tabla 22 Acciones de mantenimiento.....	64
Tabla 23. Criterio de intervención.....	65
Tabla 24. Propuestas de Mantenimiento.....	65
Tabla 25 Flotilla de vehículos de la Operadora.....	87
Tabla 26 Plantilla operando en la Concesión.....	88
Tabla 27 Resumen OPEX ( <i>Cantidades expresadas en millones de pesos</i> ).....	91
Tabla 28 Resumen CAPEX ( <i>Cantidades expresadas en millones de pesos</i> ).....	92
Tabla 29. Segmentación de los activos carreteros.....	110
Tabla 30. Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal.....	111
Tabla 31. Clasificación para el señalamiento vertical.....	112
Tabla 32. Estructuras de proyecto.....	115
Tabla 33. Montos de inversión para eventual ampliación de la Carretera Amozoc - Perote.....	117

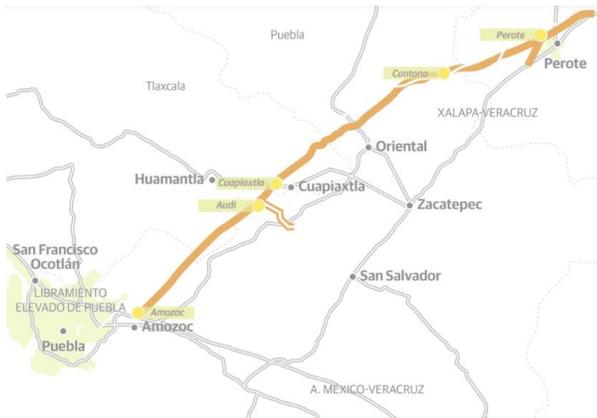
### Infografía

La concesión GANA es parte de la autopista Federal MEX-140D; esta consta de dos activos: la Autopista Amozoc – Perote, que es una vía asfáltica de 104.9 km de tipo A2 con una velocidad de diseño de 110 km/h; y el Libramiento de Perote, que es una vía asfáltica de 17.6 km de tipo A4 con una velocidad de diseño de 110 km/h.

Figura 1 Autopista Amozoc – Perote, México



Figura 2 Mapa de localización




**104.9**  
Km de longitud total.

Autopista Amozoc – Perote



**17.6**  
Km de longitud total.

Libramiento de Perote

Activo	AU	B	CU	CA1	CA2
Autopista Amozoc-Perote	3.5	5.5	5.5	7.2	10.0
Lib. Perote	3.9	5.2	5.2	7.2	9.1

Tarifas (\$/km) actualizada al mes de marzo de 2024 incluye IVA

**35,951**  
Transacciones vehiculares diarias en 2023 Autopista Amozoc – Perote



AU 69% BUS 5% CU 9% CA 16%

**2,000**  
TPDA 2023 Libramiento de Perote, vehículos mixtos



AU 36% BUS 1% CU 26% CA 37%

## 1 INTRODUCCIÓN

La empresa FibraeMX, se encuentra en el proceso de compra para potencialmente adquirir de la empresa Aleatica e Invex Infraestructura, una participación accionaria para la concesión de la Autopista Amozoc – Perote y Libramiento de Perote, por lo que ha contratado a esta consultoría para realizar una Debida Diligencia de la Concesión, tanto en términos de la revisión del estudio de tráfico preparado por la empresa VTM, como en la revisión del componente técnico de ingeniería para la estimación de las erogaciones por mantenimiento y operación de la infraestructura para el periodo 2024-2063.

El objetivo principal de la Debida Diligencia técnica será la de estimar los costos de operación y mantenimiento a lo largo del horizonte del proyecto, contemplando actividades que permitan mantener la infraestructura carretera bajo los requerimientos establecidos en el contrato de concesión; por lo cual se pondrán a estimar de manera independiente de los costos con base en la información proporcionada y compararlos con los de la concesión misma.

Para la estimación de los programas y presupuestos OPEX y CAPEX, CyM emplea un desarrollo basado en la experiencia de sus especialistas, alcanzada a través de la participación en proyectos de similares características en diferentes autopistas y carreteras nacionales y del extranjero.

Para la estimación de los programas, nos basamos en la información proporcionada por el cliente y también del recorrido realizado en la zona del proyecto, con objeto de sensibilizar a los especialistas de las condiciones y características imperantes en la región.

Es importante señalar que el cliente proporcionó la información empleada por el grupo de especialistas para realizar las estimaciones de los programas y presupuestos mediante la plataforma *Prism*, en la cual esta consultoría tuvo el acceso a diversos documentos de orden técnico que en términos generales se enlistan a continuación algunos de ellos:

- Título de concesión en específico de los alcances técnicos del proyecto y anexos técnicos para verificar los requerimientos mínimos con los que se debe cumplir.
- Inventario de elementos que integran la infraestructura como obras de drenaje, complementarias, señalización, estructuras, cortes, terraplenes, etc., indicando las características generales como dimensiones, tipo de obra, tipo de señal, etc.
- Resultados de auscultaciones realizadas en la infraestructura (sondeos en la estructura del pavimento)
- Resultados de auscultaciones realizadas en la infraestructura (IRI, ahuellamiento, textura, fricción, deflexiones)
- Análisis de vida remanente y necesidades de refuerzo del pavimento a largo plazo.
- Datos del aforo y pronósticos de aforo con sus tasas de crecimiento y clasificación vehicular

- Resultados de mediciones de coeficiente de reflexión para películas reflejantes de señalamiento vertical y pintura en señalamiento horizontal
- Trabajos de rehabilitación llevados a cabo en el pavimento 2023 y programados en el 2024
- Número y configuración de las plazas de cobro.
- Infraestructura en plazas de peaje
- Organigrama de personal organizado acorde con su área de competencia, cantidad y categorías (administración, operación, servicio vial y/o vigilancia)
- Subcontratos con otras empresas prestadoras de servicio (asesorías, traslados de valores, mantenimiento a equipos del sistema de registro vehicular, cuotas de Telepeaje, etc.)
- Servicios que se prestan en la Concesión de ser el caso (grúa, ambulancia, auxilio vial, etc.)
- Flotilla de vehículos de la Operadora.
- Medios electrónicos de pago.
- Sistemas ITS
- Project Cisness - Technical DD Report
- PLP Vigente 2021

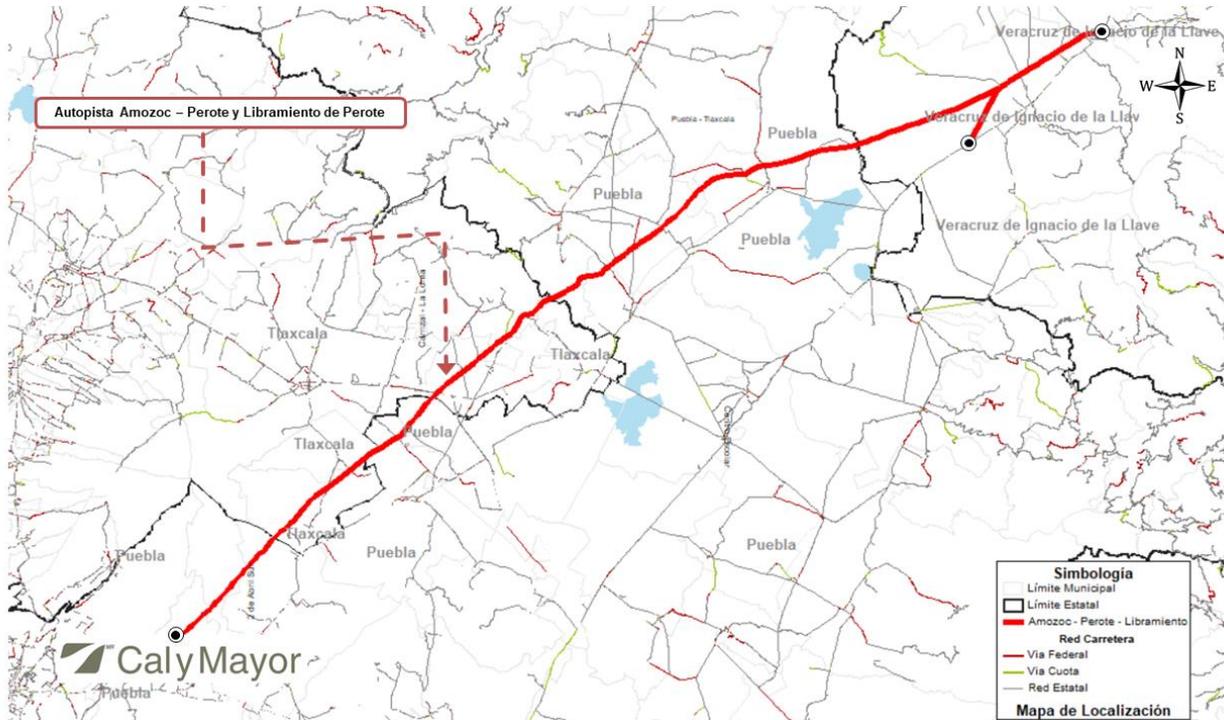
## 2 GENERALIDADES DE LA AUTOPISTA AMOZOC Y LIBRAMIENTO PEROTE

### 2.1 LOCALIZACIÓN

La Autopista Amozoc – Perote es una vía tipo A2 de 104.9 km de longitud, ubicada entre el entronque Amozoc III, en el km 137+455 de la Autopista de cuota México - Orizaba, y en el entronque Perote III, situado en el km 104+971 de la carretera Amozoc – Perote. La operación de este tramo tiene una vigencia de enero 2007 a noviembre 2063 al concluir la concesión. Cuenta con 4 plazas de cobro troncales con sus correspondientes casetas auxiliares.

El Libramiento de Perote es una carretera tipo 4AS de 17.581 km de longitud, inicia en el km 94+000 de la carretera federal Acatzingo – Zacatepec – Perote – Jalapa y termina en el km 111+581 de la misma carretera, en el estado de Veracruz. La operación de este tramo tiene una vigencia de julio 2004 a noviembre 2043. Cuenta con una plaza de cobro: Perote.

Figura 3. Croquis de localización de Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.



Fuente: Elaboración propia, 2024

La infraestructura se encuentra dentro del área de influencia del Área Natural Protegida Federal Parque Nacional La Malinche, entre los estados de Tlaxcala y Puebla y del Área Natural Protegida Estatal San Antonio limón Totalco en el estado de Veracruz.

Los principales municipios que atraviesa la Autopista son:

- En Puebla: Amozoc, Tepatlaxco, Acajete, Rafael Lara Grajales, Libres y Tepeyahualco.
- Tlaxcala: Zitlaltepec, Ixtenco, Cuapiaxtla, Atltzayanca y el Carmen Tequexquiltla.
- Veracruz: Perote.

Tabla 1. Segmentación de los activos carreteros

Tramo	Km inicio	Km fin	Longitud (km)	Carriles	km-carril
<b>Tramo I</b>	0+000	40+560	40.5	2	81
<b>Tramo II</b>	40+560	60+580	20.1	2	40.2
<b>Tramo III</b>	60+580	104+871	44.3	2	88.6
<b>Libramiento</b>	94+000	111+581	17.581	4	70.324
<b>Total</b>			<b>122.481</b>		<b>280.124</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024

## 2.2 TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN

En los estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz se encuentran las siguientes estaciones climáticas:

Tabla 2 Ubicación de las estaciones climáticas en el sitio del proyecto (Puebla, Tlaxcala y Veracruz)

Estación	Estado	Municipio	Longitud Oeste	Latitud Norte	Altitud (MSNM)
<b>Flore del Bosque</b>	Puebla	Amozoc	19°02'07"	98°06'53"	2,225.00
<b>Canoa</b>	Puebla	San Miguel Canoa	19°07'56"	98°04'40"	2,583.00
<b>Acajete</b>	Puebla	Acajete	19°06'45"	97°57'22"	2,479.00
<b>Capulac</b>	Puebla	Puebla	19°05'35.2"	98°03'33.8"	2,435.00
<b>Tepeyahualco</b>	Puebla	Tepeyahualco	19°29'24"	097°29'40"	2,486.00
<b>Zitlaltepec</b>	Tlaxcala	Zitlaltépec de Trinidad Sánchez Santos	19°11'59"	97°54'27"	2,565.00
<b>Cuapiaxtla</b>	Tlaxcala	Cuapiaxtla	19°17'56"	97°46'11"	2,486.00
<b>Perote</b>	Veracruz	Perote	19°34'51"	97°14'52"	2,392.00

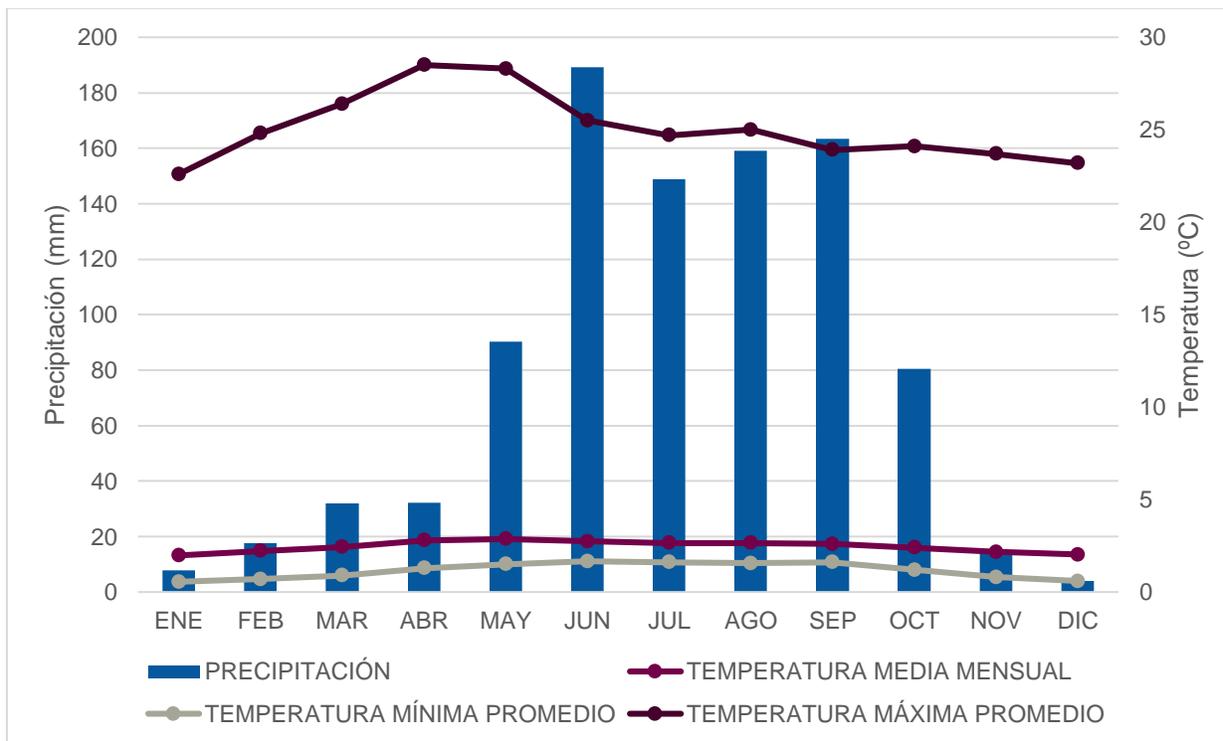
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 3 Estadísticas climatológicas normales de la estación Flor del Bosque

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	7.7	89.1	22.6	3.7	13.2
<b>FEB</b>	17.6	120.2	24.8	4.7	14.8
<b>MAR</b>	32	139.6	26.4	6	16.2
<b>ABR</b>	32.3	160.1	28.5	8.6	18.6
<b>MAY</b>	90.3	155.9	28.3	10	19.1
<b>JUN</b>	189.1	142.6	25.5	11.1	18.3
<b>JUL</b>	148.7	123	24.7	10.7	17.7
<b>AGO</b>	159.2	122.5	25	10.4	17.7
<b>SEP</b>	163.4	99.4	23.9	10.7	17.3
<b>OCT</b>	80.4	66.4	24.1	8	16
<b>NOV</b>	14.9	93.3	23.7	5.4	14.5
<b>DIC</b>	4.1	85.4	23.2	3.9	13.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>78.3</b>	<b>116.5</b>	<b>25.1</b>	<b>7.8</b>	<b>16.4</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 4 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Flor del Bosque



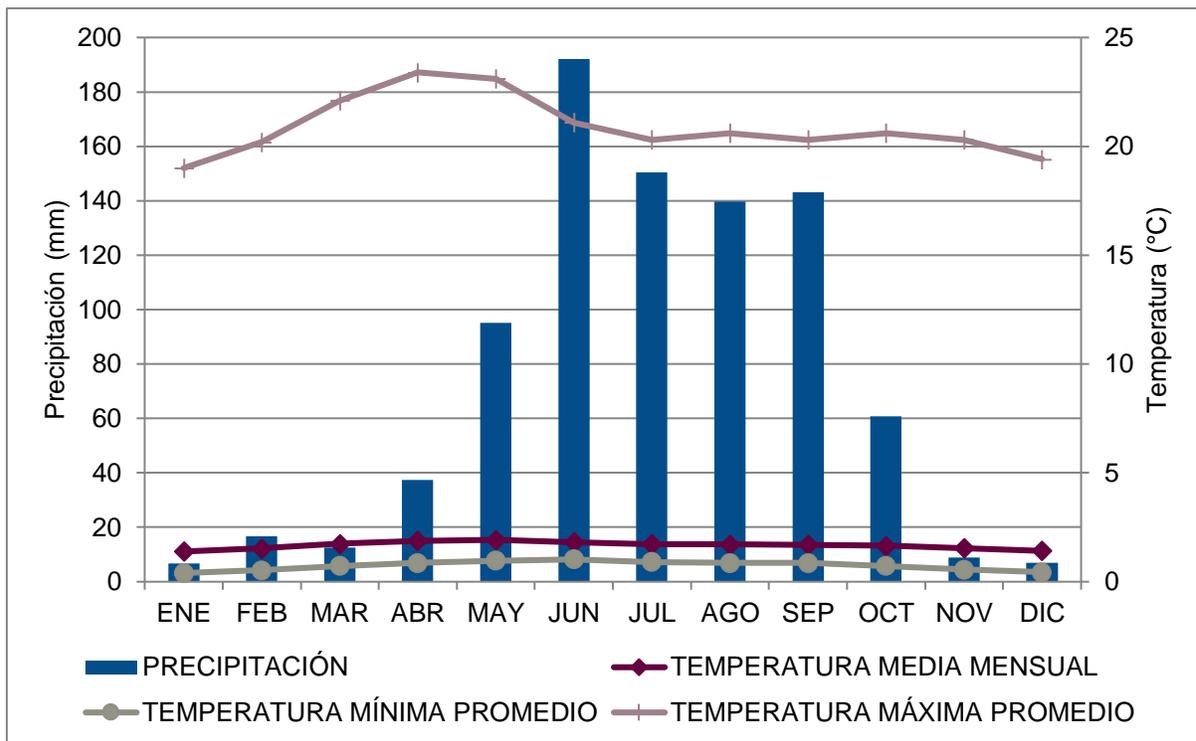
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 4 Estadísticas climatológicas normales de la estación Canoa

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	6.7	101.1	19	3.2	11.1
<b>FEB</b>	16.8	115.4	20.2	4.2	12.2
<b>MAR</b>	12.5	147.1	22.1	5.8	14
<b>ABR</b>	37.3	156.5	23.4	6.9	15
<b>MAY</b>	95.2	142.7	23.1	7.8	15.4
<b>JUN</b>	192.1	122.6	21.1	8.2	14.6
<b>JUL</b>	150.5	111	20.3	7.3	13.8
<b>AGO</b>	139.6	106.6	20.6	6.9	13.7
<b>SEP</b>	143.2	90	20.3	6.9	13.6
<b>OCT</b>	60.7	107.8	20.6	5.8	13.2
<b>NOV</b>	8.8	101.9	20.3	4.5	12.4
<b>DIC</b>	7	110.5	19.4	3.5	11.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>72.5</b>	<b>117.8</b>	<b>20.9</b>	<b>5.9</b>	<b>13.4</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 5 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Canoa



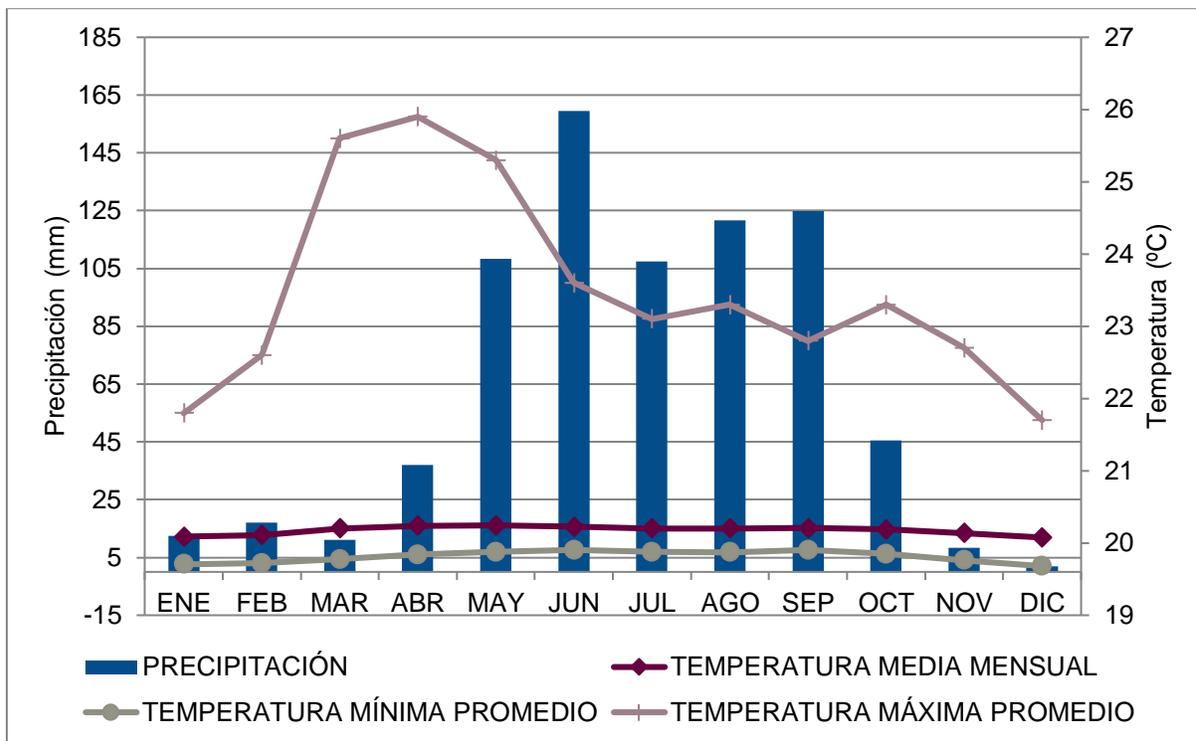
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 5 Estadísticas climatológicas normales de la estación Acajete

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	12.5	101.1	21.8	2.6	12.2
<b>FEB</b>	17	110.6	22.6	3	12.8
<b>MAR</b>	11.1	136.7	25.6	4.4	15
<b>ABR</b>	36.9	145.6	25.9	6	16
<b>MAY</b>	108.4	138.6	25.3	6.9	16.1
<b>JUN</b>	159.5	109.6	23.6	7.6	15.6
<b>JUL</b>	107.4	112.1	23.1	6.9	15
<b>AGO</b>	121.7	113.4	23.3	6.8	15.1
<b>SEP</b>	124.8	102.7	22.8	7.6	15.2
<b>OCT</b>	45.6	105.7	23.3	6.2	14.7
<b>NOV</b>	8.4	99.5	22.7	4	13.4
<b>DIC</b>	1.8	99	21.7	2	11.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>62.9</b>	<b>114.6</b>	<b>23.5</b>	<b>5.3</b>	<b>14.4</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 6 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Acajete



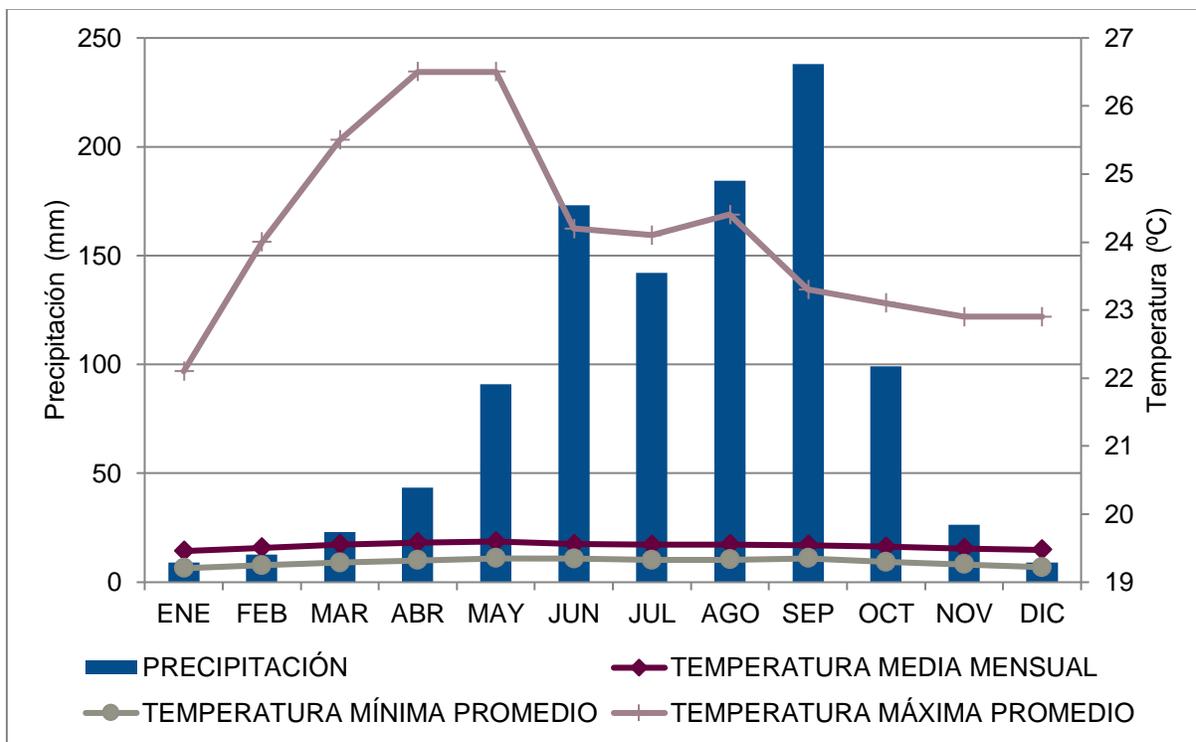
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 6 Estadísticas climatológicas normales de la estación Capulac

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	9.1	101.1	22.1	6.4	14.3
<b>FEB</b>	12.6	115.4	24	7.7	15.8
<b>MAR</b>	22.9	147.1	25.5	9	17.3
<b>ABR</b>	43.3	156.5	26.5	10.1	18.3
<b>MAY</b>	91.1	142.7	26.5	10.9	18.7
<b>JUN</b>	173.2	122.6	24.2	10.8	17.5
<b>JUL</b>	142.2	111	24.1	10.2	17.2
<b>AGO</b>	184.3	106.6	24.4	10.3	17.3
<b>SEP</b>	238.1	90	23.3	10.9	17.1
<b>OCT</b>	99.1	107.8	23.1	9.2	16.2
<b>NOV</b>	26.5	101.9	22.9	8.2	15.5
<b>DIC</b>	9.1	110.5	22.9	6.9	14.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>87.6</b>	<b>117.8</b>	<b>24.1</b>	<b>9.2</b>	<b>16.7</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 7 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Capulac



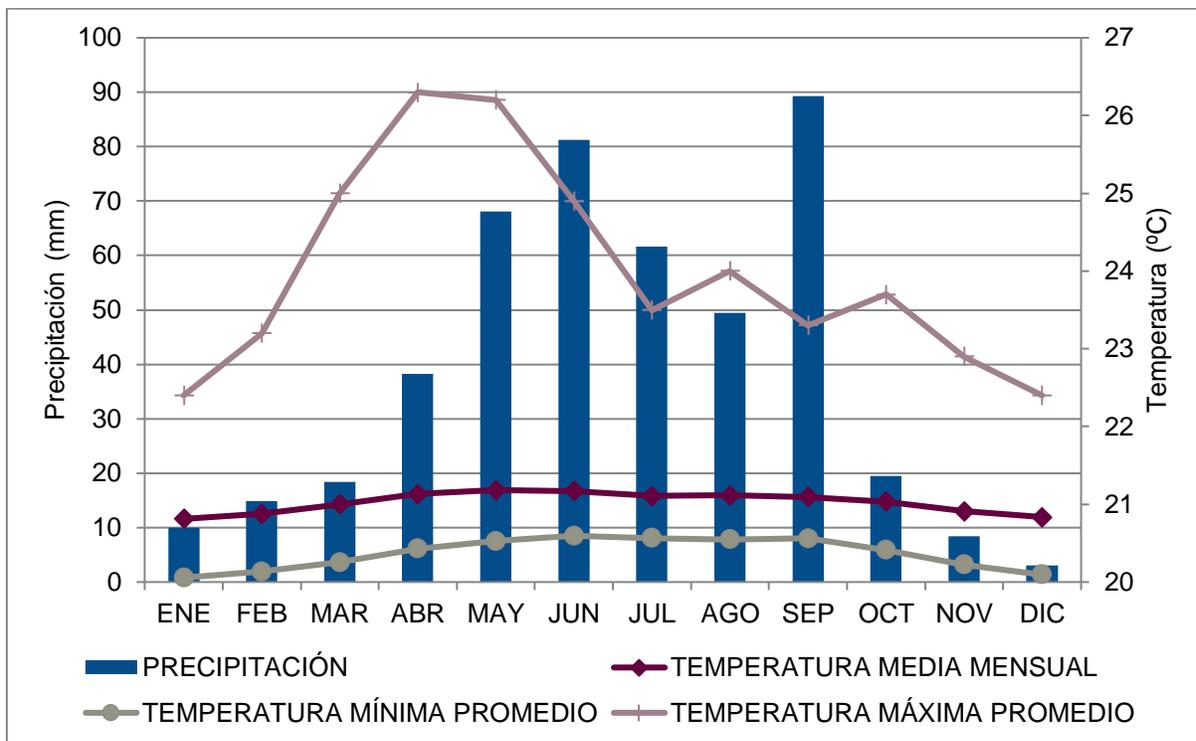
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 7 Estadísticas climatológicas normales de la estación Tepeyahualco

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	10	126.6	22.4	0.8	11.6
<b>FEB</b>	14.9	132.2	23.2	1.9	12.5
<b>MAR</b>	18.4	172.3	25	3.6	14.3
<b>ABR</b>	38.2	176.9	26.3	6.1	16.2
<b>MAY</b>	68.1	173.6	26.2	7.5	16.9
<b>JUN</b>	81.2	148.1	24.9	8.5	16.7
<b>JUL</b>	61.6	148.9	23.5	8.1	15.8
<b>AGO</b>	49.4	150.6	24	7.8	15.9
<b>SEP</b>	89.3	125.1	23.3	8	15.6
<b>OCT</b>	19.5	134	23.7	5.9	14.8
<b>NOV</b>	8.4	121.7	22.9	3.2	13
<b>DIC</b>	3	118.9	22.4	1.4	11.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.5</b>	<b>144.1</b>	<b>24</b>	<b>5.2</b>	<b>14.6</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 8 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Tepeyahualco



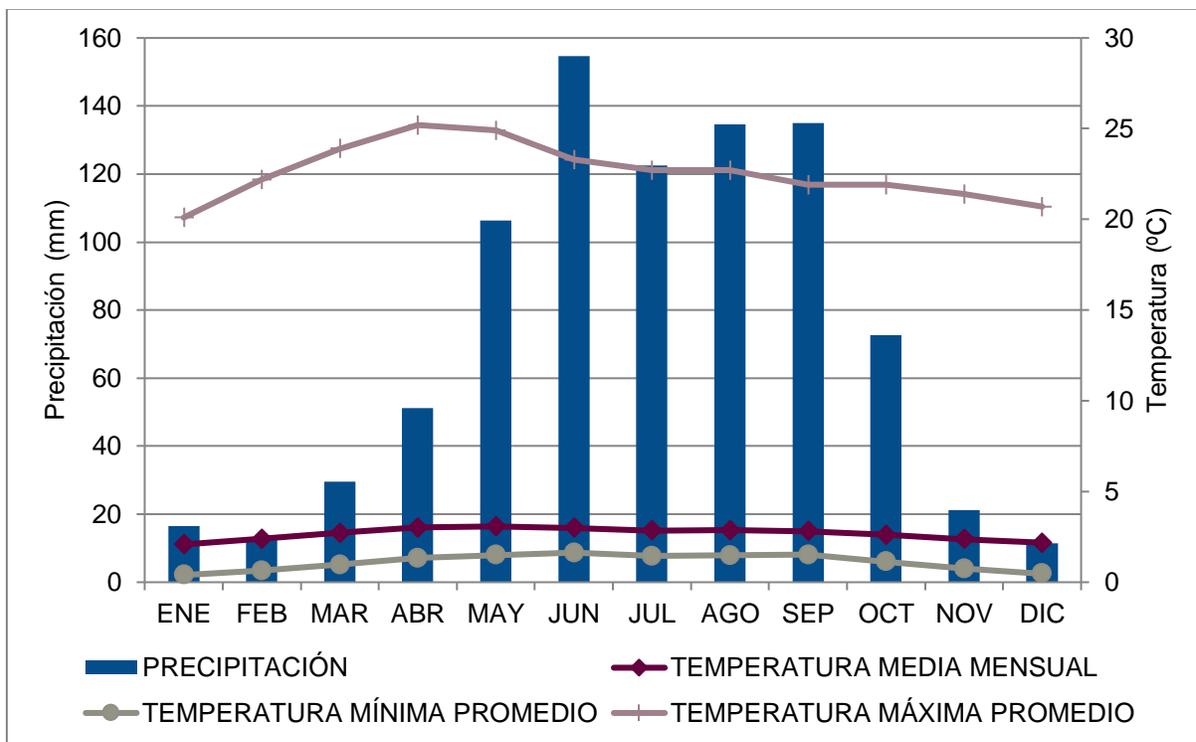
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 8 Estadísticas climatológicas normales de la estación Zitlaltepec

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	16.5	99.1	20.1	2.1	11.1
<b>FEB</b>	13.2	119.1	22.2	3.4	12.8
<b>MAR</b>	29.5	163.1	23.9	5.2	14.5
<b>ABR</b>	51.2	168.4	25.2	7.1	16.1
<b>MAY</b>	106.4	164.8	24.9	8	16.4
<b>JUN</b>	154.6	141.9	23.3	8.7	16
<b>JUL</b>	122.5	132.6	22.7	7.7	15.2
<b>AGO</b>	134.6	136.7	22.7	7.9	15.3
<b>SEP</b>	135	111.8	21.9	8.1	15
<b>OCT</b>	72.6	110.3	21.9	6	13.9
<b>NOV</b>	21.2	92.8	21.4	4	12.7
<b>DIC</b>	11.4	93.4	20.7	2.5	11.6
<b>PROMEDIO</b>	<b>72.4</b>	<b>127.8</b>	<b>22.6</b>	<b>5.9</b>	<b>14.2</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 9 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Zittaltepec



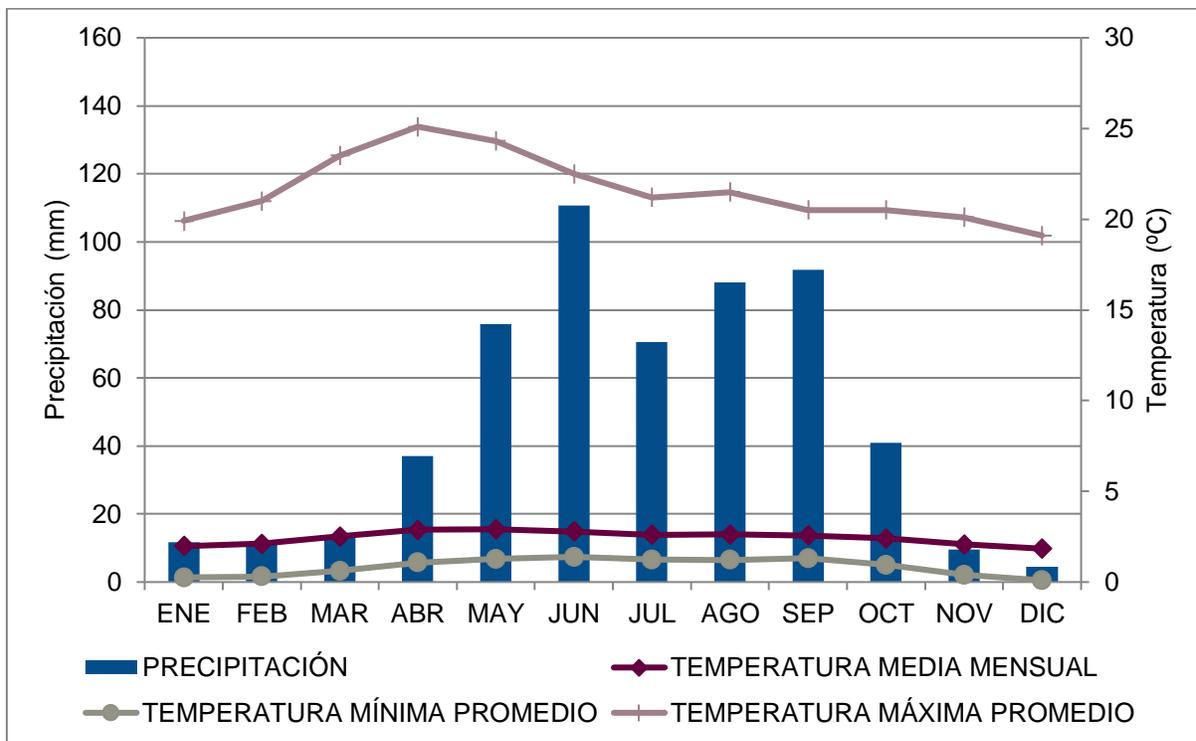
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 9 Estadísticas climatológicas normales de la estación Cuapiaxtla

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	11.7	105.7	19.9	1.3	10.6
<b>FEB</b>	11.5	104.4	21	1.6	11.3
<b>MAR</b>	13.6	131.7	23.5	3.3	13.4
<b>ABR</b>	37.1	141.5	25.1	5.7	15.4
<b>MAY</b>	75.8	141	24.3	6.8	15.5
<b>JUN</b>	110.7	128.3	22.5	7.4	14.9
<b>JUL</b>	70.6	124.1	21.2	6.6	13.9
<b>AGO</b>	88.1	123.6	21.5	6.5	14
<b>SEP</b>	91.7	110.5	20.5	7	13.7
<b>OCT</b>	40.9	106.3	20.5	5	12.8
<b>NOV</b>	9.60	106.5	20.1	2.1	11.1
<b>DIC</b>	4.4	103.2	19.10	0.50	9.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>47.1</b>	<b>118.9</b>	<b>21.6</b>	<b>4.5</b>	<b>13</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 10 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Cuapiaxtla



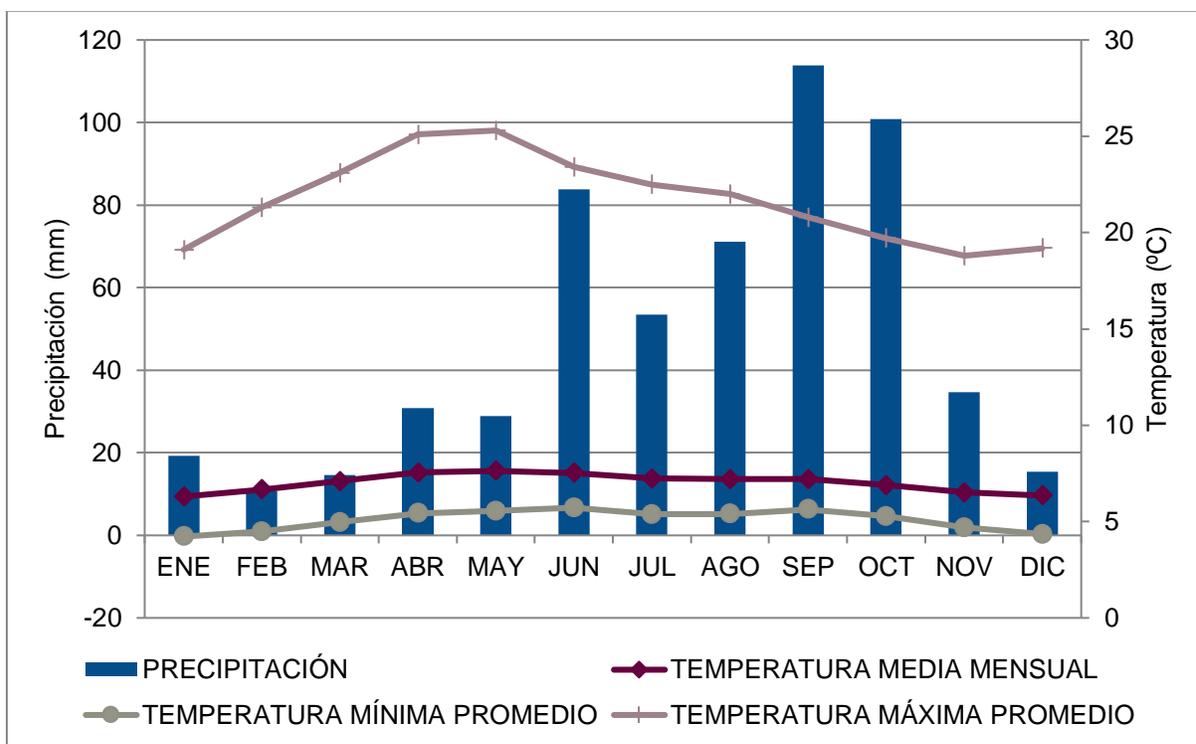
Red Nacional de CONAGUA, 2024

Tabla 10 Estadísticas climatológicas normales de la estación Perote

Mes	Lluvia total mensual	Evaporación mensual	Temperatura máxima promedio	Temperatura mínima promedio	Temperatura media mensual
<b>ENE</b>	19.3	87.7	19.1	-0.3	9.4
<b>FEB</b>	10.8	133.2	21.3	0.9	11.1
<b>MAR</b>	14.6	140.1	23.1	3.2	13.1
<b>ABR</b>	30.8	114.8	25.1	5.3	15.2
<b>MAY</b>	28.9	128.5	25.3	5.9	15.6
<b>JUN</b>	83.8	144.5	23.4	6.7	15.1
<b>JUL</b>	53.5	144.7	22.5	5.1	13.8
<b>AGO</b>	71.2	158.7	22	5.2	13.6
<b>SEP</b>	113.8	114.2	20.8	6.3	13.6
<b>OCT</b>	100.8	110.7	19.7	4.6	12.2
<b>NOV</b>	34.6	119.3	18.8	1.9	10.4
<b>DIC</b>	15.4	103.9	19.2	0.3	9.7
<b>PROMEDIO</b>	<b>48.1</b>	<b>125</b>	<b>21.7</b>	<b>3.8</b>	<b>12.7</b>

Red Nacional de CONAGUA, 2024

Figura 11 Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Perote



Red Nacional de CONAGUA, 2024

### 2.3 SISMICIDAD

El conocimiento de la actividad sísmica, así como su distribución geográfica en el Estado de Puebla relevante, ya que contribuye a la determinación de las fuentes sísmicas y de la atenuación de las ondas sísmicas al propagarse en la zona.

En el Estado de Puebla está ubicado en un valle rodeado de volcanes importantes como son: Iztaccíhuatl (que son 7 volcanes inactivos), la Malinche (volcán inactivo) Popocatepetl y el Pico de Orizaba, éstos últimos monitoreados por el Centro Nacional de Desastres (CENAPRED). El Popocatepetl es uno de los volcanes más activos del país y al tener a más de 25 millones de personas a menos de 100 km del cráter, lo convierten en uno de los volcanes más peligrosos del planeta. En 1994 reinició su actividad, tiempo en el que ha registrado erupciones explosivas mayores. En 1998 el volcán generó un sismo volcánotectónico de 3.5° Richter.

Sismo-tectónicamente, la interacción de las placas se manifiesta a través de un complejo sistema de fallas geológicas, algunas de las cuales disipan el componente principal del movimiento relativo entre las placas, predominantemente lateral derecho; mientras que otras funcionan como fallas de ajuste de movimientos en otras direcciones.

Para la planificación regional, que aspire a un desarrollo sustentable de un área urbana, es indispensable contar con la mayor información sobre ésta. La más importante es la que tiene que ver con el grado de exposición a los fenómenos naturales (peligro) y los efectos que se tendrían en caso de presentarse. Uno de los fenómenos a los que está expuesta una zona urbana es el peligro sísmico. Este fenómeno afecta considerablemente las áreas urbanas cuando se presenta si no se tienen medidas preventivas y, generalmente, sus consecuencias cobran una gran factura económica y en vidas humanas.

Figura 12 Placas Tectónicas y Epicentros de sismos en México según el SSN, se señala la carretera Amozoc – Perote y Libramiento Perote



Universidad Veracruzana.

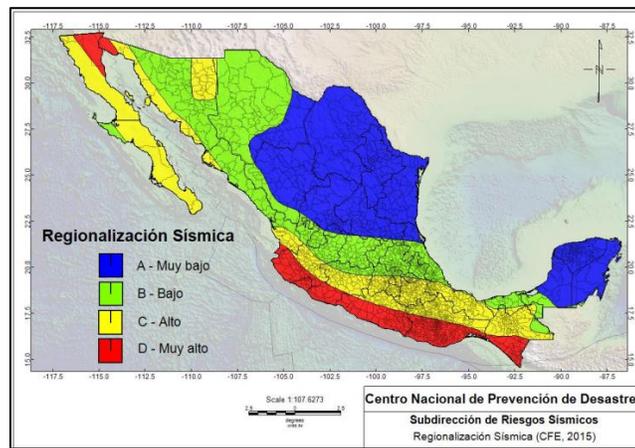
En la figura 12 se muestran las placas tectónicas indicando que la carretera Amozoc – Perote y Libramiento perote se encuentra sobre la placa norteamericana.

Figura 13 Placas Tectónicas en México según el SSN, se señala la carretera Amozoc – Perote y Libramiento Perote



<https://www.sgm.gob.mx/Sismotectonica/>.

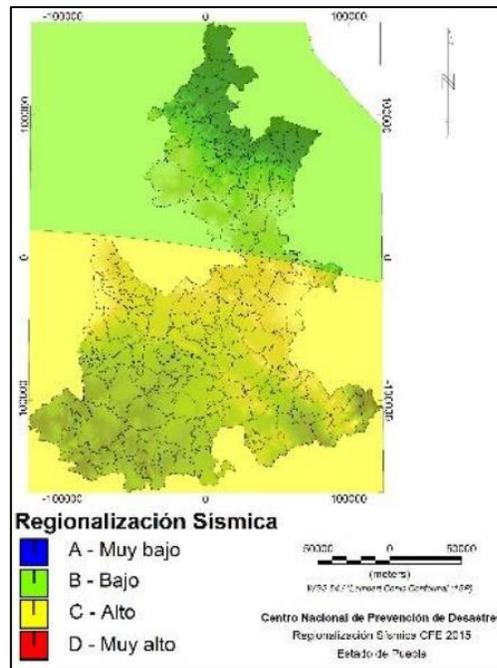
Figura 14 Regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015) con los 2466 municipios que conforman la República Mexicana.



CFE.

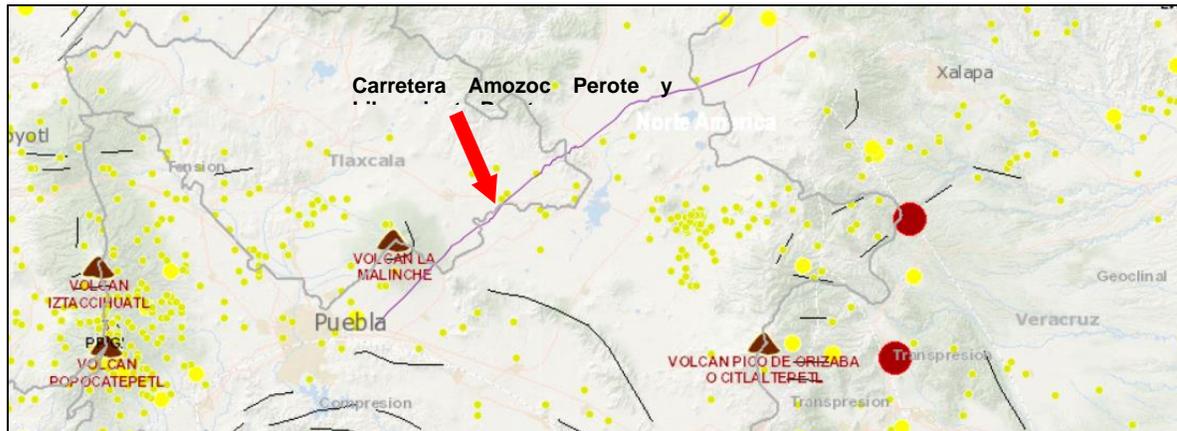
El estado de Puebla, con 217 municipios, se localiza entre las delimitaciones B y C con base en la Regionalización Sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015). La zona B, de sismicidad baja, se caracteriza por ser una región en donde no se registran eventos sísmicos con frecuencia y porque las amplificaciones del suelo no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad. Finalmente, la zona C, de sismicidad alta, se distingue de la anterior, debido a que comúnmente se presentan sismos.

Figura 15 Regionalización sísmica Puebla.



CFE.

Figura 16 Situación sismo tectónica de Amozoc – Perote y Libramiento Perote



**Simbología**



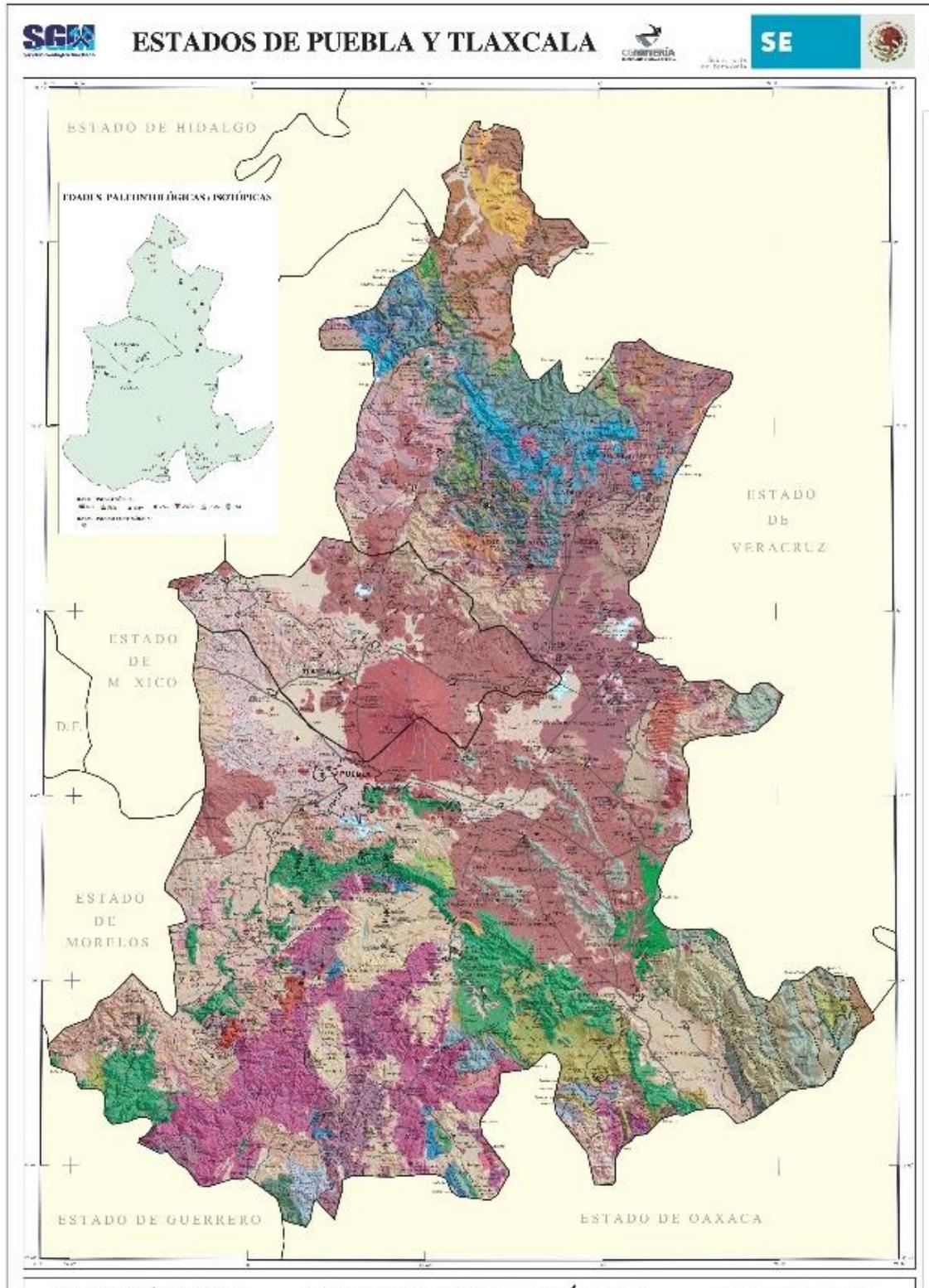
Elaboración propia en <https://www.sgm.gob.mx/Sismotectonica/>

México es uno de los países más sísmicos de mundo. Su geología refleja que gran parte de su territorio está sometido a grandes esfuerzos que causan, entre otros efectos, grandes sismos. El Estado de Puebla, se ve afectado por los sismos que se generan en las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chispas; por la subducción de la placa de Cocos en la placa del Pacífico. Por otra parte, los sismos de tipo volcánico son de menor magnitud, pero el peligro es latente en el Estado.

## 2.4 GEOLOGÍA

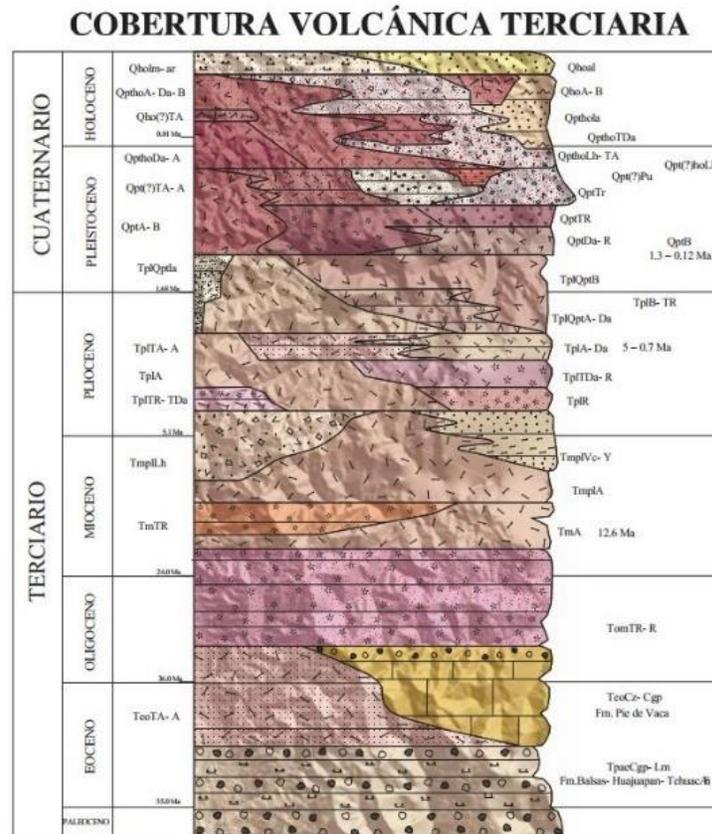
De acuerdo con la carta geológica – mineral Puebla y Tlaxcala del INEGI, de agosto 2022, el área donde se desarrolla el proyecto está constituido por depósitos aluviales (Qhoal) del holoceno del periodo cuaternario, como se presenta en la figura siguiente:

Figura 17 Carta geológica-mineral (Puebla y Tlaxcala)



Servicio Geológico Mexicano, 2022

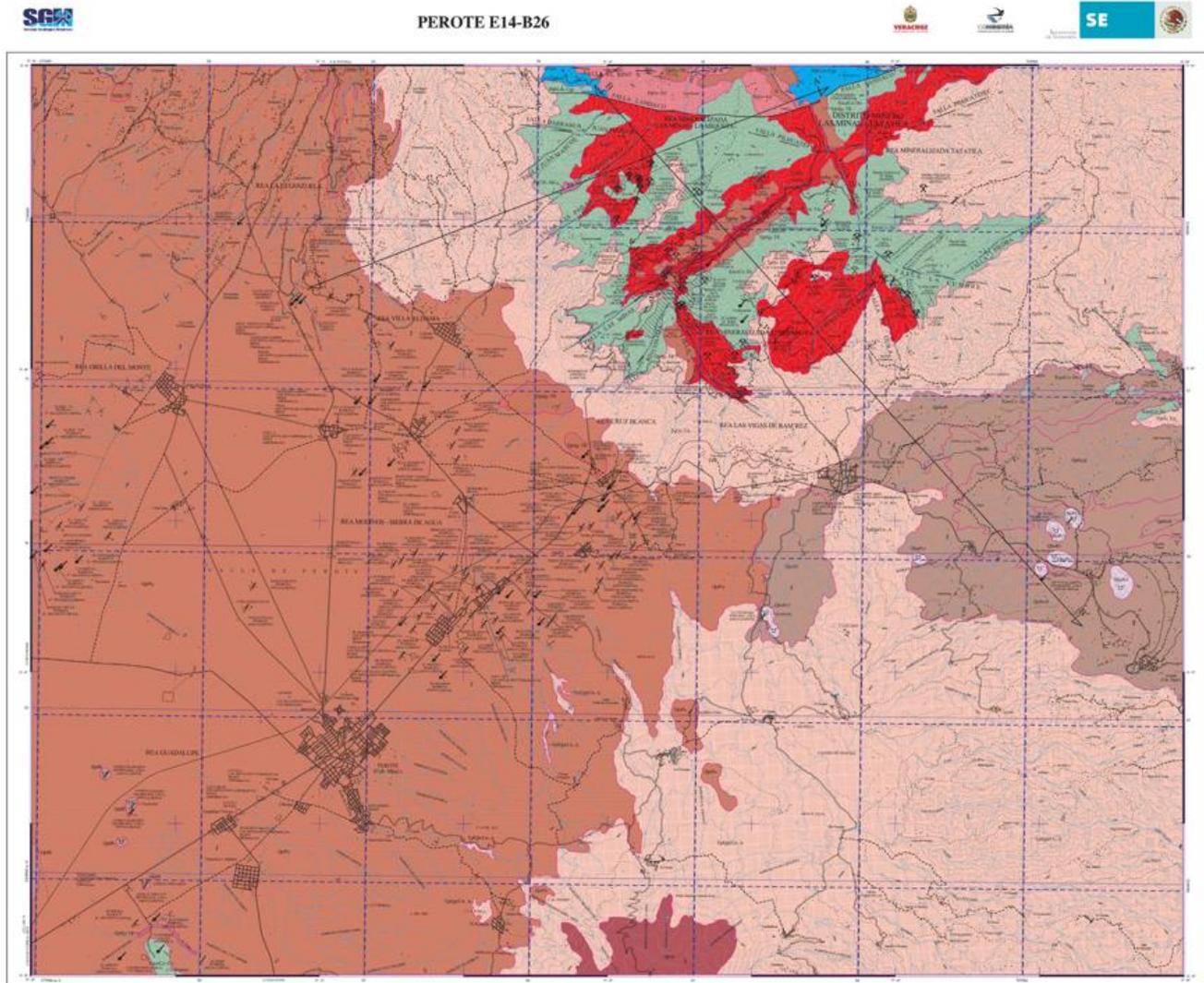
Figura 18 Simbología de la carta geológica – mineral (Puebla y Tlaxcala)



Servicio Geológico Mexicano, 2022

De acuerdo con la carta geológica – mineral de Perote del INEGI, de agosto 2022, el área donde se desarrolla el proyecto está constituido por depósitos aluviales (Pumicita) del pleistoceno, periodo cuaternario de la era Cenozoico, como se presenta en la figura siguiente:

Figura 19 Carta geológica-mineral (Perote)



Servicio Geológico Mexicano, 2022



### 3 RECORRIDO AL SITIO DE LA VÍA EN ESTUDIO

Se realizó un recorrido a la autopista Amozoc – Perote y al Libramiento de Perote, en el cual, se recabó evidencia fotográfica de las condiciones generales de la infraestructura, además de un video frontal tomado desde el vehículo, con la finalidad de registrar las condiciones que imperan en los tramos estudiados. Dicho recorrido se realizó a una velocidad promedio de 75 a 80 km/hr, y se hicieron inspecciones aleatorias a lo largo de los tramos para constatar las condiciones físicas que presentan los elementos como pavimento, señalamiento horizontal, señalamiento vertical, taludes en cortes y terraplenes, dispositivos de seguridad, obras de drenaje y complementarias, derecho de vía con su respectivo cercado, estructuras, plazas de cobro y servicios conexos.

A continuación, se muestra evidencia fotográfica de lo observado:



Carril exclusivo de telepeaje operando correctamente, en plaza de cobro “Amozoc T1” en el km 0+680.



Vista general de tienda de conveniencia en funcionamiento, en servicios conexos, lado izquierdo, en el km 0+850.



Vista general de obra de drenaje en buenas condiciones físicas y libre de azolve, en el km 7+875, lado izquierdo.



Canal azolve ligero, en el km 8+300, lado izquierdo



Vista panorámica del tramo en el km 60+000, lado izquierdo.



Vista general de depósito de agua, a la disposición de los usuarios, en el km 63+200, lado derecho.



Vista general de franja lateral con hierba corta y cercado que lo delimita, en el km 67+350, lado derecho.



Vista general la plaza de cobro “libramiento Perote” en el km 97+000.



Vista general de la superficie de rodamiento en el Libramiento el Perote, en el km 99+220 cuerpo derecho.



Gaza de acceso a Libramiento el Perote, en el km 98+900, cuerpo derecho.



Se aprecia bache en carril de baja, así como señalamiento horizontal fuera de norma (10 cm aproximadamente de ancho de raya), en el Libramiento el Perote en el km 101+100, cuerpo derecho.



Carril de baja velocidad con deterioros superficiales en pavimento, en el Libramiento el Perote en el km 108+200, cuerpo derecho.



Se apreció deterioro en superficie de rodamiento del carril de baja y falta de barrido en acotamiento derecho, en el km 107+600, cuerpo izquierdo



Vista general de la superficie de rodamiento en el Libramiento el Perote, en el km 106+000, cuerpo izquierdo.



Vista general de la superficie de rodamiento en el Libramiento el Perote, en el km 103+000.



Vista general de la superficie de rodamiento en la autopista Amozoc - Perote, en el km 93+000.

Durante el recorrido realizado por CyM observó, de forma general, las buenas condiciones que prevalecen en el tramo carretero; sin embargo, no fue constante al llegar al activo denominado Libramiento El Perote, en donde se apreciaron condiciones físicas regulares de la infraestructura carretera, la principal diferencia fue notoria en la superficie de rodamiento, en donde se observaron deterioros superficiales (grietas longitudinales y transversales, baches y calaveras) así como falta de limpieza y barrido en el acotamiento derecho, además de observar en algunos tramos aislados, existen rayas que integran el señalamiento horizontal con un ancho aproximadamente de 10 cm.

#### 4 CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTABLECIDAS EN EL TÍTULO DE CONCESIÓN

Como parte de las actividades realizadas se analizaron los anexos Anexo 13 Sistema de Seguimiento de los programas de conservación y Anexo 14 procedimiento para calificar los servicios en autopistas concesionadas, documentos que determinan los mecanismos para la evaluación de la infraestructura y servicios prestador por la Concesionaria.

A continuación, se desarrollan los apartados correspondientes a los servicios relacionados con la operación y aquellos relacionados con algunos elementos que integran la infraestructura carretera (elementos como pavimento, señalamiento horizontal y vertical, obras de drenaje y derecho de vía).

#### 4.1 EVALUACIÓN DE SERVICIOS EN LA CASETA Y PLATAFORMA, SERVICIOS EN EL CAMINO

La finalidad de este análisis y evaluación es detectar áreas de oportunidad para llevar a cabo las mejoras correspondientes en los servicios.

Para un mejor control y manejo de la información, se divide en dos grandes rubros de operación:

- Servicios en la caseta de peaje y plataforma.
- Servicios en el camino.

A su vez, los Servicios en la caseta de peaje y plataforma se subdividen en:

- Conceptos Operacionales – Plataforma, casetas, personal, casetas especiales y estacionamiento.
- Conceptos de Seguridad – Vigilancia, iluminación, extintores y vendimia.
- Servicios Obligatorios - Baños, tienda de conveniencia, servicio telefónico, información de rutas, depósitos de basura y buzón de quejas.
- Servicios adicionales (servicios conexos) – Restaurante, guía turística, servicio médico, sala de descanso, bancos e información.

Por otro lado, en lo que respecta a los Servicios en el camino, se integra por:

- Conceptos de seguridad – Vigilancia e iluminación.
- Auxilio vial - Servicio médico, servicio mecánico y servicio telefónico de emergencia.
- Infraestructura complementaria – Estaciones de combustible, depósitos con agua, refaccionarias, paradores integrales, zonas de descanso y miradores, y paraderos de autobús.

Para la evaluación cuantitativa de los servicios, se tomó como base la escala de 0 a 10, en donde se calificará cada uno de los conceptos de los servicios con un valor numérico, teniendo lo siguiente:

Tabla 11 Calificaciones para estado de servicio

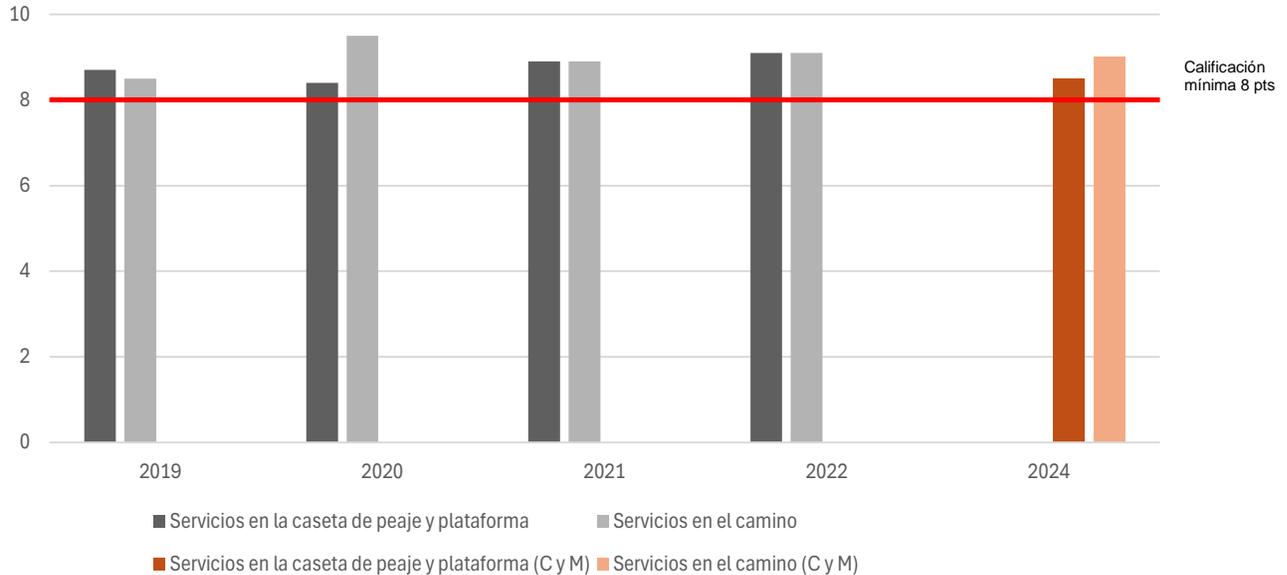
Calificación	Estado de Servicio
<b>0-5</b>	Malo
<b>6-7</b>	Regular
<b>8-9</b>	Bueno
<b>10</b>	Excelente

Elaboración propia, 2024.

Se realizó el análisis de las calificaciones en los servicios en casetas de peaje y plataforma, así como servicios en el camino, integrados en el *TDDR* denotando una calificación promedio de 8.8 considerando datos desde el año 2019 al 2022.

Con la finalidad de tener un punto de referencia actualizado y compararlo con la tendencia de la información compartida por la Concesionaria, Cal y Mayor (CyM) a través de personal especializado en materia de Operación realizó la evaluación a nivel experto, de los servicios en la Autopista y Libramiento, calificación que en el siguiente gráfico se ve reflejado en el año 2024 y en tonalidades naranjas, se obtuvo una calificación promedio de 8.75, como muestra a continuación:

Gráfica 1 Calificación servicios de peaje y plataforma, y servicios en el camino



Fuente: Elaboración propia, 2024

Cabe destacar que, la calificación mínima requerida es de 8 para cumplir conforme a Título de Concesión, en particular, con lo estipulado en el anexo14 de la Concesión, analizando, por lo cual, se consideran que, en alcance a las calificaciones citadas en el TDDR y la evaluación realizada por personal especialista en Operación de Cal y Mayor, los servicios ofrecidos en la Autopista se estiman buenos.

#### 4.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA AUTOPISTA Y LIBRAMIENTO

Para realizar la evaluación del estado físico de la Autopista y Libramiento, se considera y utiliza el índice de Servicio Actual (ISA), el cual consiste en calificar el grado de seguridad y confort que el usuario percibe al transitar por estos tramos a la velocidad de operación.

Para dicha evaluación, los elementos de infraestructura se agrupan en dos principales rubros: las que integran el camino (corona, drenaje y derecho de vía) y señalamiento (vertical y horizontal).

Esta calificación se da de manera subjetiva en una escala de 0 a 5 de cada uno de los elementos de la Autopista.

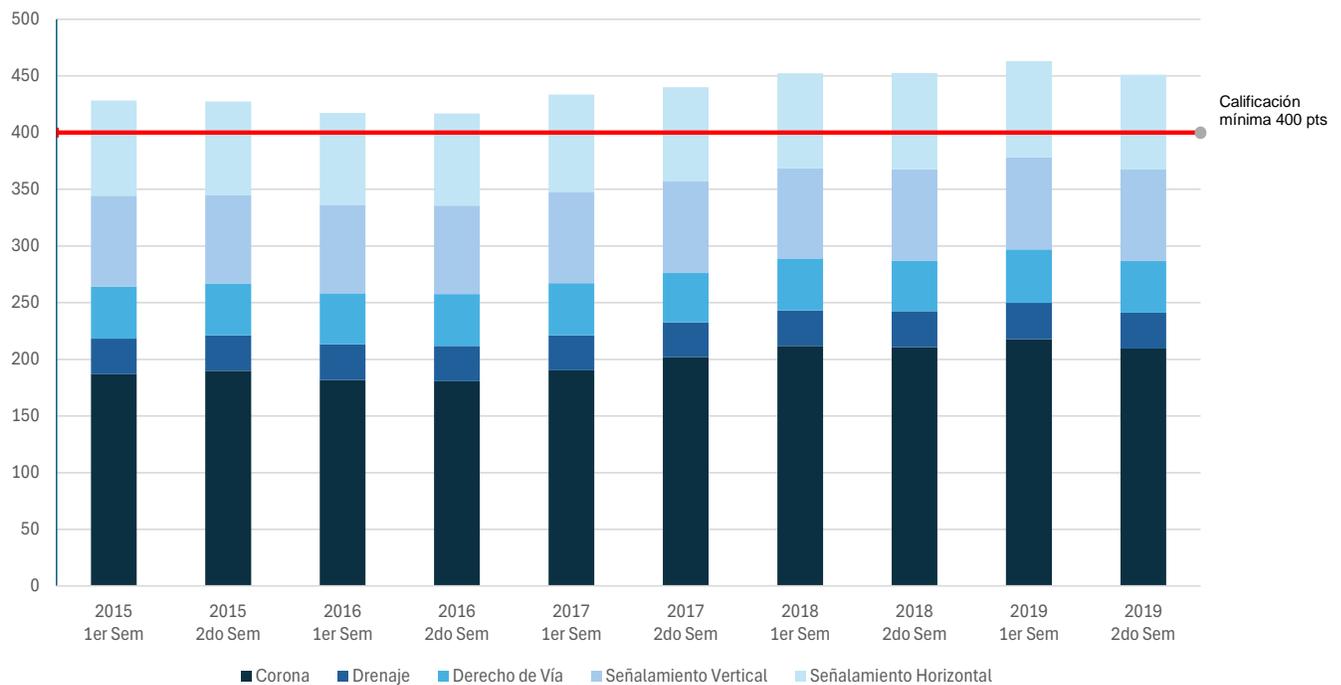
Tabla 12 Calificación ISA

ISA	Condición
5	Excelente Muy Bueno
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Muy Malo
0	Pésimo

Fuente: Elaboración propia, 2024

Se llevo a cabo el análisis de las calificaciones a los elementos que conforman la Autopista y Libramiento, que emite la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT) abarcando desde el año 2015 hasta el año 2019, teniendo dos semestres por año observando que en general, cumplen con la calificación mínima requerida (400 puntos).

Gráfica 2 Evaluaciones de 500 puntos por elemento



Fuente: Elaboración propia, con datos oficiales proporcionados por Concesionaria 2024

### 4.3 EVALUACIÓN DE 500 PUNTOS

Los elementos por calificar y su valor relativo considerado se indican en la siguiente tabla

Tabla 13. Parámetros de calificación de 500 puntos

Elemento por calificar	Valor relativo
• <b>Del cuerpo</b>	
<b>Corona</b>	50
<b>Drenaje</b>	30
<b>Derecho de vía</b>	20
	$\Sigma$ 100
• <b>Del señalamiento</b>	
<b>Vertical</b>	60
<b>Horizontal</b>	40
	$\Sigma$ 100
• <b>Influencia para calificación total</b>	
<b>Del cuerpo</b>	0.80
<b>Del señalamiento</b>	0.20
	$\Sigma$ 1.00

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para obtener la calificación de una sección de Autopista se suman los productos resultantes de multiplicar la calificación de cada elemento, con escala de 0 a 5 como ya se explicó anteriormente, por su valor relativo y por su correspondiente valor de influencia. Esta calificación variará entre 0 y 500.

La calificación de la Autopista se obtiene al dividir la suma de los productos resultado de multiplicar la calificación para cada sección por su longitud de kilómetros, entre la longitud total correspondiente a las secciones calificadas.

La siguiente tabla muestra los rangos de calificaciones para las distintas condiciones del estado físico de la Autopista.

Tabla 14. Rangos de calificación de estado físico

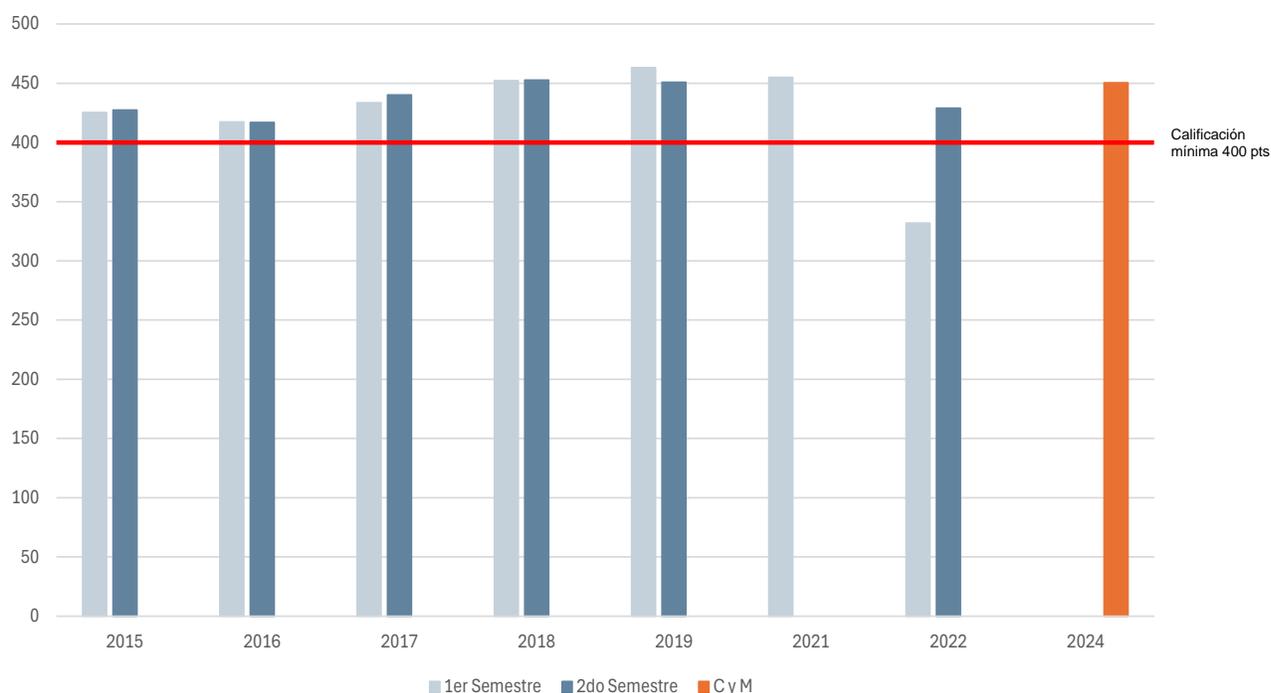
Calificación (puntos)	Estado físico
<b>De 0 hasta 250</b>	Malo
<b>Mayor de 250 hasta 350</b>	Regular
<b>Mayor de 350 hasta 500</b>	Bueno

Fuente: Elaboración propia, 2024

Cabe destacar que, conforme a lo estipulado en título de concesión, se obliga a mantener la Autopista y Libramiento en un nivel óptimo de servicio, garantizando una calificación mínima de 400 (cuatrocientos) puntos, para cada sentido y en cualquier sección.

Se analizó las calificaciones de la Autopista y Libramiento, que emite la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT) abarcando desde el año 2015 hasta el año 2019, teniendo dos semestres por año; asimismo, se contempló la información del TDDR de los años 2021 y 2022, observando que en general, cumplen con la calificación mínima requerida (400 puntos). Por otro lado, Cal y Mayor (CyM) evaluó a nivel experto, los elementos que integran la infraestructura de la Autopista y Libramiento, obteniendo la calificación de 450.36 puntos para el año 2024, como se muestra a continuación en la siguiente gráfica representado en color anaranjado.

Gráfica 3 Referencia de calificación mínima y obtenida



Fuente: Elaboración propia, 2024

La evaluación realizada por el personal especialista de Cal y Mayor representa una evaluación de tipo paramétrico ya que no es oficial, sin embargo, es posible mediante su consideración tener una muestra representativa de lo que se podría esperar de una evaluación del organismo encargado de realizar la evaluación de Estado físico oficial (SICT).

#### 4.4 CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LOS TRABAJOS

Se realizó el análisis de los informes de avance de mantenimiento mayor noviembre 2023 a enero 2024 e informes de avance de los trabajos de conservación menor noviembre 2023 a enero 2024 elaborados por la empresa supervisora.

Como parte de los trabajos de aseguramiento de la calidad de la conservación mayor el contratista de supervisión reporta:

- Descripción del programa de mantenimiento mayor 2023
- Seguimiento de avance vs programado por subtramos
- Descripción del avance mensual de los trabajos
- Seguimiento gráfico de avance vs programado
- Informe financiero (estimaciones)
- Reporte gráfico planta/larguillos
- Informe fotográfico de los trabajos
- Informe de control de calidad
- Informe estadístico de calidad
- Certificados de calidad
- Reporte descriptivo de los trabajos identificados

Respecto al cumplimiento de la calidad realiza un registro de las actuaciones a través de un larguillo identificando las mismas esquemáticamente, así mismo emite diversos comentarios respecto a las actividades describiendo las mismas, así como la ubicación, elementos y/o pruebas de calidad realizadas.

El aseguramiento de la calidad es realizado mediante la verificación aleatoria del cumplimiento de la calidad de los materiales suministrados y de los procedimientos constructivos de los trabajos ejecutados mediante muestreo de materiales utilizados y de ensayos de calidad; así mismo, y de acuerdo con lo descrito en el informe del propio supervisor se indica que CAPSA proporciona el complemento del control de calidad inicial de los trabajos de diversos materiales de pavimentos como productos asfálticos, control de aplicación de sello, control de riego de liga.

Dentro de las pruebas de control de calidad mostradas en los informes analizados se encuentran:

- Densidad relativa al material pétreo seco
- Desgaste de los Ángeles
- Partículas alargadas y lajeadas
- Partículas trituradas
- Valor de pulimiento acelerado adimensional
- Determinación del módulo reológico de corte dinámico en el asfalto PG, etc.

Se presentan también fichas técnicas de materiales utilizados como en la pintura de rayas, informes técnicos de las inspecciones de estructuras, obras de drenaje, cortes y terraplenes.

Se realiza también un seguimiento mediante las cartas de control estadístico obtenidos a partir de la verificación aleatoria realizada por la supervisión, en el caso del informe del mes de diciembre se observó un control estadístico.

Derivado del análisis de los informes de mantenimiento mayor se observa que durante el mes de enero se realizó la revisión del diseño del pavimento realizado por una empresa especialista, así como la presentación de certificados de calidad de materiales asfálticos que se usarán durante la producción de la mezcla por producir.

Finalmente, también se realiza un registro de las actividades que se identificaron como fuera del programa y del presupuesto autorizado.

Es de suma importancia mantener el registro de las actividades ejecutadas, incluso aquellas que se consideren adicionales o que se aparten de la planificación autorizada para el año en curso. Si bien estas actividades no representan un riesgo para la Concesión siempre que cuenten con el sustento y la autorización de las áreas correspondientes, generan desviaciones respecto a lo planificado y, eventualmente, pueden derivar en prácticas no recomendables para la conservación de las vías, como el aplazamiento de actividades (que, dependiendo del elemento en cuestión, puede tener o no consecuencias a largo plazo) o el intercambio de recursos no destinados a actividades diferentes a las planificadas.

Es fundamental realizar una revisión anual de los programas de conservación, prestando especial atención a aquellos que experimentaron cambios significativos, ya sea al alza o a la baja. Esto nos permitirá obtener una mayor certeza sobre las necesidades específicas de cada tramo. Con respecto a los informes de avance de los trabajos de Conservación menor revisados por personal de Cal y Mayor se observa que en los meses antes mencionados se mantiene la vigilancia del avance de la obra comparando el programa de ejecución vigente y el presupuesto.

En este informe, el supervisor realiza la revisión de los avances ejecutados y acumulados con corte al desarrollo del presupuesto, dentro de las partidas principales de actividades supervisadas se encuentran:

- Inspecciones del Derecho de Vía.
- Retiro de caídos eventuales.
- Limpieza de cunetas, contracunetas y lavaderos.
- Limpieza de obras de drenaje.
- Desazolves.
- Bacheos, nivelaciones aisladas, calafateos de grietas.
- Desyerbe de acotamientos.
- Reposición y retoque de señalamientos.
- Pintura.
- Reparación del cercado del Derecho de Vía.
- Jardinería.
- Reparaciones en general.

Producto de la supervisión realizada el informe presenta fotografías del proceso antes durante y después de las actividades que reporta el supervisor.

Conforme a lo estipulado en Título de Concesión, en la Condición de Concesión fracción Décimo-Octava y Trigésima Primera, en particular lo estipulado en el Anexo 14, se obliga a contar con una serie de servicios en la caseta y plataforma, así como servicios en el camino en la Autopista y Libramiento, manteniendo una calificación buena, siendo la calificación mínima 8.

Conforme a la calificación obtenida por Cal y Mayor (CyM) de 8.75 puntos para el año 2024 y a la información analizada del TDDR de los años 2019 al 2022, se observa que cumplen con la calificación buena que es de 8.

Con respecto a lo estipulado en Título de Concesión, en la Condición de Concesión fracción Décimo-Octava, en particular lo estipulado en el Anexo 13, se obliga a mantener la Autopista y Libramiento en un nivel óptimo de servicio, garantizando una calificación mínima de 400 (cuatrocientos) puntos, para cada sentido y en cualquier sección de los tramos.

Conforme a la calificación obtenida por Cal y Mayor (CyM) de 450.36 puntos para el año 2024 y a la información analizada de las calificaciones emitidas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT) desde el año 2015 y 2019, así como la información del TDDR de los años 2021 y 2022, se observa que cumplen con la calificación mínima requerida de 400 puntos.

## 5 RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE ANALIZADA

Para la estimación de los programas OPEX y CAPEX, se tomó como base la información proporcionada por la empresa GANA, la cual corresponde principalmente a los inventarios de la infraestructura que actualmente cuentan ambos activos tanto la Autopista Amozoc-Perote, como Libramiento Perote, los cuales se enlistan a continuación:

- Derecho de vía
- Drenaje
- Estructuras
- Luminarias
- Pavimentos
- Defensas
- Señalamiento vertical
- Cunetas
- Taludes
- Inventario horizontal

Adicional a la información proporcionada y derivado de la carencia de detalle de algunos inventarios CyM se apoyó de una visita al sitio del proyecto realizada por especialistas en operación, conservación, rehabilitación y diagnósticos, asimismo se realizó una consulta general del sistema de consulta de información Georreferenciada de acceso público *Google Earth*, para complementar la información de inventarios para las estimaciones de los programas.

Respecto a la información analizada para la estimación del programa de operación se recibieron y analizaron por parte de la Concesionaria GANA información con respecto a:

- Título de Concesión y Anexo 14 Título de Concesión Procedimiento para calificar los servicios en Autopistas Concesionadas.
- Número y configuración de carriles en las Plazas de Cobro
- Organigrama de personal acorde a su área de competencia
- Subcontratos con empresas prestadoras de servicio
- Servicios que presta la Concesión
- Flotilla de vehículos de la Operadora
- Sistemas ITS

Adicional a los inventarios de la infraestructura y con la finalidad de dar cabal cumplimiento con los requerimientos y compromisos indicados en la propuesta de trabajo presentada por Cal y Mayor (CyM) se realizaron una serie de análisis respecto a los importes compartidos como parte del documento PLP Vigente 2021 así como el documento llamado *TDDR*, lo anterior con la finalidad de conocer las condiciones que guardan la infraestructura y los bienes afectos a la concesión.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis realizados por el equipo de especialistas de las especialidades de Operación y conservación rutinaria y periódica.

## 6 CRITERIOS DE PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA, RUTINARIA Y DE OPERACIÓN

### 6.1 CONSERVACIÓN RUTINARIA

El plan de mantenimiento rutinario incluye actividades de corrección de defectos o inconformidades para asegurar la continuidad del servicio de la vía y encaminadas a mantenerla en condiciones adecuadas, las cuales se definen como aquellas actividades que se realizan de manera constante y cotidiana a la infraestructura vial a lo largo de cada año del periodo de la Concesión.

Finalmente, para la elaboración del programa anual de mantenimiento rutinario, se analizaron con base en la experiencia de los especialistas de Cal y Mayor en proyectos de similares características.

Las partidas y conceptos o ítems considerados se resumen a continuación:

- **Pavimento Asfáltico**
  - Bacheo superficial aislado con carpeta asfáltica en caliente

- Bacheo profundo aislado con carpeta asfáltica en caliente
- Sellado de grietas y fisuras
- Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos
- Retiro de obstáculos
- Retiro de semoviente
- **Pavimentos Rígidos**
  - Sellado de grietas y fisuras
  - Reposición de sello en juntas de losas de concreto hidráulico
  - Reparación de desconchadura en losas de concreto hidráulico
  - Reparación parcial de losas de concreto hidráulico
- **Taludes**
  - Arrope de taludes
  - Remoción de caídos producto de los cortes
  - Remoción de material producto de derrumbes
  - Conservación de elementos de protección de taludes (muro en gaviones)
  - Suministro y colocación de malla de triple torsión para estabilización de taludes
- **Estructuras**
  - Desazolve de drenes
  - Limpieza de aleros, cabezales en pilas y estribos
  - Limpieza de dispositivos y bancos de apoyo
  - Limpieza de juntas de dilatación
  - Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos
  - Limpieza de trabes y columnas
  - Limpieza y sellado de grietas menores de 3 mm
  - Pintura vinílica en estructuras de concreto
  - Pintura y protección anticorrosiva en parapetos metálicos
  - Reparaciones en elementos estructurales de concreto en puentes con concreto hidráulico
  - Deshierbe de conos de derrame
  - Calafateo de juntas de dilatación con material epóxico
- **Túneles**
  - Sellado de grietas y fisuras
  - Suministro y aplicación de pintura en accesos a túnel (M-13.1)
  - Limpieza de banquetas en interior de túnel

- Limpieza de paredes y bóvedas
- Reposición de luminarias
- **Obras de Drenaje y complementarias**
  - Limpieza de cunetas de concreto hidráulico
  - Reparación de cunetas de concreto hidráulico
  - Suministro y aplicación de pintura en cunetas de concreto hidráulico
  - Limpieza de contracunetas de concreto hidráulico
  - Reparación de contracunetas de concreto hidráulico
  - Suministro y aplicación de pintura en contracunetas de concreto hidráulico
  - Limpieza de canales revestidos
  - Reparación de canales revestidos de concreto hidráulico
  - Limpieza de canales de entrada y salida de obra de drenaje
  - Limpieza de lavaderos de concreto hidráulico
  - Reparación de lavaderos de concreto hidráulico
  - Suministro y aplicación de pintura en lavaderos de concreto hidráulico
  - Limpieza del interior de obras de drenaje
  - Reparación de cabezotes y aleros de concreto hidráulico de obras de drenaje
  - Reparación de bordillos de concreto hidráulico
  - Suministro y aplicación de pintura en bordillos de concreto hidráulico
- **Señalamiento Horizontal**
  - Reposición de alertador de salida de la vialidad
  - Suministro y aplicación de pintura base agua blanca
  - Suministro y aplicación de pintura base agua amarilla
  - Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, símbolos y marcas
  - Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, raya canalizadora (M-5)
  - Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, rayas reductoras de velocidad (M-9)
  - Suministro y aplicación de pintura base agua roja, para raya de emergencia para frenado discontinua (M-14.1)
  - Suministro y aplicación de pintura base agua roja, para raya de emergencia para frenado continua (M-14.2)
  - Suministro y aplicación de pintura base agua roja y blanca, para indicar el acceso a una rampa de emergencia para frenado (M-14.3)
  - Suministro y colocación de botones metálicos
  - Suministro y colocación de botones reflejantes amarillos

- Suministro y colocación de botones reflejantes blancos
- Suministro y colocación de botones reflejantes rojos
- **Señalamiento Vertical**
  - Limpieza de señalamiento restrictivo (SR)
  - Limpieza de señalamiento preventivo (SP)
  - Limpieza de señalamiento informativo de identificación (SII)
  - Limpieza de señalamiento informativo de destino (SID)
  - Limpieza de señalamiento informativo de recomendación (SIR)
  - Limpieza de señalamiento de información general (SIG)
  - Limpieza de señalamiento turísticas y de servicio (STS)
  - Limpieza de señalamiento diversas (OD)
  - Limpieza de señalamiento informativo de destino SID-13 (Bandera)
  - Limpieza de señalamiento informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
  - Limpieza de señalamiento informativo de destino SID-15 (Puente)
  - Reparación de señalamiento restrictivo (SR), 117x117
  - Reparación de señalamiento preventivo (SP), 117x117
  - Reparación de señalamiento informativo de identificación (SII)
  - Reparación de señalamiento informativo de destino (SID)
  - Reparación de señalamiento informativo de recomendación (SIR)
  - Reparación de señalamiento de información general (SIG)
  - Reparación de señalamiento turísticas y de servicio (STS)
  - Reparación de señalamiento diversas (OD)
  - Reparación de señalamiento informativo de destino SID-13 (Bandera)
  - Reparación de señalamiento informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
  - Reparación de señalamiento informativo de destino SID-15 (Puente)
  - Reposición de señalamiento restrictivo (SR), 117x117
  - Reposición de señalamiento preventivo (SP), 117x117
  - Reposición de señalamiento informativo de identificación (SII)
  - Reposición de señalamiento informativo de destino (SID)
  - Reposición de señalamiento informativo de recomendación (SIR)
  - Reposición de señalamiento información general (SIG)
  - Reposición de señalamiento turísticas y de servicio (STS)
  - Reposición de señales diversas (OD)
  - Reposición de señalamiento informativo de destino SID-13 (Bandera)

- Reposición de señalamiento informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
- Reposición de señalamiento informativo de destino SID-15 (Puente)
- Suministro y aplicación de pintura en indicadores de alineamiento de concreto (incluye elemento reflejante)
- Reposición de indicadores de alineamiento de concreto
- **Defensas y barreras.**
  - Limpieza de barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey
  - Reposición de barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey
  - Suministro y aplicación de pintura en barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey
  - Reposición de ménsulas reflejantes en barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey
  - Reposición de ménsulas reflejantes en defensa metálica
  - Reposición de malla antideslumbrante
  - Limpieza de ménsulas reflejantes
  - Limpieza de defensa metálica
  - Reposición de terminal de amortiguamiento
  - Reposición de terminal de amortiguamiento en bifurcación
  - Reposición de terminal cola de pato
  - Reposición de defensa metálica de 3 crestas
  - Reposición de defensa metálica de 2 crestas
- **Derecho de vía**
  - Deshierbe en el derecho de vía (a mano) total del DV
  - Deshierbe en el derecho de vía (con equipo) total del DV
  - Poda de arboles
  - Limpieza en el derecho de vía (Pepena de basura)
  - Retiro de obstáculos en el derecho de vía
  - Reposición de alambre en cercado
  - Reposición de postes de concreto en cercado
  - Suministro y aplicación de pintura en postes de concreto
- **Rampas para frenado de emergencia**
  - Suministro, colocación, nivelación y escarificación de material granular
  - Reposición de indicadores de alineamiento de PVC
  - Reposición de defensa metálica de 3 crestas
- **Servicios generales.**

- Limpieza de luminarias
- Reposición de luminarias
- Suministro y aplicación de pintura en luminarias
- Suministro de agua en depósitos (incluye limpieza)
- Suministro y aplicación de pintura en depósitos de agua y basura
- Mantenimiento a planta de tratamiento de agua residuales

### 6.1.1 Consideraciones de cada concepto en el programa de conservación rutinaria

Para la estimación de volúmenes de conservación rutinaria, se tomaron consideraciones, estimadas con base en la experiencia de nuestros especialistas, se hizo una revisión y cuantificación de los inventarios proporcionados, de los cuales se solicitó información en los documentos IRL de las semanas 2, 3, 4 y 5, derivado de lo diverso y condiciones de los inventarios proporcionados se tomaron consideraciones con base a la experiencia, adicionalmente se realizó un recorrido al sitio del proyecto donde se hicieron paradas aleatorias a lo largo de la infraestructura, obteniendo de esto una grabación y fotografías georreferenciadas que sirvieron de apoyo contar con una mayor certeza de las condiciones y características actuales de diversos elementos, auxiliándonos de igual manera en recorridos virtuales con base en herramientas digitales (*Google Earth*), del mismo modo el equipo de especialistas consideró las características del proyecto y condiciones imperantes en el sitio de estudio incluyendo: el clima, la topografía, el tipo de proyecto y los lugares que comunica la autopista.

A continuación, se hace una descripción de los conceptos de cada uno de ellos.

#### 6.1.1.1 Pavimentos

Los conceptos de los trabajos para pavimentos se describen a continuación.

- Bacheo superficial aislado con carpeta asfáltica en caliente

Esta actividad se realiza para reponer el área de la carpeta asfáltica que presenta daños en zonas localizadas (aisladas) y relativamente pequeñas.

- Bacheo profundo aislado con carpeta asfáltica en caliente

Se considera bacheo aislado cuando las áreas afectadas tienen una extensión menor de cien metros cuadrados, por cada siete mil metros cuadrados de pavimento y se refiere al conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de pavimento asfáltico que presenta daños como deformaciones y oquedades por desprendimientos o desintegración en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando las capas subyacentes del pavimento se encuentran en condiciones inestables o con exceso de agua.

- Sellado de grietas y fisuras

Son actividades para sellar aberturas en la superficie de la carpeta asfáltica hasta de 1 cm de ancho.

- Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos:

Son actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar los objetos extraños que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

- Retiro de obstáculos.

Retiro de obstáculos debidos a la meteorización, erosión, trasiego de animales o personas, o, en los últimos tiempo exceso de uso de herbicidas que exterminan el enraizamiento vegetal en los taludes,

retiro de animales muertos, cadáveres, que deben gestionarse con empresas que procesen la biomasa.

- Retiro de semoviente:

Actividades para sacar de la vía un animal vivo.

#### 6.1.1.2 Pavimentos Rígidos

- Sellado de grietas y fisuras:

Son actividades para sellar aberturas en la superficie de la carpeta asfáltica hasta de 1 cm de ancho.

- Reposición de sello en juntas de losas de concreto hidráulico

Esta actividad se realiza con el fin de evitar que entren cuerpos extraños en las juntas de las losas de concreto hidráulico, además de prevenir la infiltración de agua a causa de escurrimientos superficiales.

- Reparación de desconchadura en losas de concreto hidráulico

Son las actividades que se realizan para reparar desconchaduras en las losas de concreto hidráulico, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de la desconchadura y el resane a fin de restablecer la comodidad y seguridad de la superficie de rodadura.

- Reparación parcial de losas de concreto hidráulico

Son las actividades que se llevan a cabo para realizar la reposición parcial de losas dañadas a fin de restablecer o mejorar las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura.

#### 6.1.1.3 Taludes:

Con respecto al apartado de taludes se consideran los trabajos para reparaciones en la protección de los cortes.

- Arrope de taludes

Conjunto de actividades que consiste en cubrir los taludes de los terraplenes formados con antelación.

- Remoción de caídos producto de los cortes

Se refiere al retiro de caídos que pudieran resultar de materiales sueltos o desprendimiento de estos en los taludes de corte, pudiendo ser de un tamaño menor al de una roca.

- Remoción de material producto de derrumbes.

Se refiere al retiro de caídos de un tamaño similar o superior al de una roca, que pudieran resultar de materiales sueltos o desprendimiento de estos en los taludes de corte.

- Conservación de elementos de protección de taludes (muro en gaviones)

Es el conjunto de actividades para retirar todo el material acumulado en los muros gaviones que se encuentran al pie de un corte, esto evita que los gaviones se deterioren y/o presenten algún desplazamiento por el cumulo de material alojado en ellos.

- Suministro y colocación de malla de triple torsión para estabilización de taludes

Para la protección de los taludes de corte se está considerando el suministro y colocación de malla triple torsión la cual servirá principalmente para la contención de finos, con el objetivo principal de

reducir el riesgo de desprendimientos y evitar que estos lleguen a la calzada o la obra complementaria, permitiendo que todos los elementos se conserven en su totalidad.

#### 6.1.1.4 Estructuras

- Desazolve de drenes

Son las actividades que se realizan para retirar el azolve y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, para restituir su capacidad y eficiencia hidráulica y evitar encharcamientos sobre la superficie de rodadura del puente que provoque deterioros en la superestructura.

- Limpieza de aleros, cabezales en pilas y estribos

Son las actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en los aleros, cabezales y estribos, para evitar cualquier deterioro que pudiera presentarse por estos agentes.

- Limpieza de dispositivos y bancos de apoyo

Son las actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en los dispositivos y bancos de apoyo, para evitar cualquier deterioro que pudiera presentarse por estos agentes.

- Limpieza de juntas de dilatación

Son las actividades que se realizan para retirar vegetación, basura y todo material que se acumule en las juntas, para evitar que se generen esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras.

- Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos

Son actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar los objetos extraños que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

- Limpieza de trabes y columnas

Son las actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en las trabes y columnas, para evitar cualquier deterioro que pudiera presentarse por estos agentes.

- Limpieza y sellado de grietas menores de 3 mm

Son actividades para sellar aberturas en la superficie de la carpeta asfáltica hasta de 3 mm de ancho, para evitar un mayor deterioro.

- Pintura vinílica en estructuras de concreto

Son las actividades necesarias para la aplicación de pintura para cubrir la superficie del elemento con fines de protección contra agentes exteriores.

- Pintura y protección anticorrosiva en parapetos metálicos

Son las actividades necesarias para la aplicación de pintura anticorrosiva para cubrir la superficie del elemento con fines de protección contra agentes exteriores.

- Reparaciones en elementos estructurales de concreto en puentes con concreto hidráulico

Esta actividad se realiza con el fin de evitar el incremento del daño de los elementos de concreto hidráulico que presentan desconchaduras.

- Deshierbe de conos de derrame

Esta actividad se refiere a la limpieza y retiro de maleza en conos de derrame que existen en los Puentes Inferiores Vehiculares (PIVs), con tal de evitar filtraciones o crecimiento de vegetación en las juntas de estos que provoquen grietas o fracturas en estos elementos.

- Calafateo de juntas de dilatación con material epóxico

Son las actividades necesarias para reponer parcial o totalmente las juntas de dilatación que presenten daño con el propósito de evitar que se generen esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras

#### 6.1.1.5 Túneles

- Sellado de grietas y fisuras

Colocación de resina de manera no invasiva sobre las grietas y fisuras existentes.

- Suministro y aplicación de pintura en accesos a túnel (M-13.1)

Actividades necesarias para la aplicación de pintura, marcas en estructuras, esta actividad se estimó realizarse en los accesos del túnel.

- Limpieza de banquetas en interior de túnel.

Son las actividades que se realizan para retirar todo material que se acumule en las banquetas al interior del túnel, para restituir su eficiencia.

- Limpieza de paredes y bóvedas

Son las actividades que se realizan para retirar todo material que se acumule en estos elementos, para restituir su eficiencia.

- Reposición de luminarias

Actividades necesarias para la instalación y colocación de luminarias, que se encuentren obsoletas, dañadas o fuera de uso.

#### 6.1.1.6 Obras de Drenaje y complementarias

- Limpieza de obra complementaria de concreto hidráulico

Conjunto de actividades que se realizan para retirar objetos sólidos y vegetación con el fin de restituir la capacidad y eficiencia hidráulica en los elementos que forman parte de la obra complementaria a lo largo del tramo como lo son:

- Cunetas
- Contracunetas
- Canales revestidos
- Lavaderos

- Reparaciones a obra complementaria de concreto hidráulico

Actividades necesarias para la reparación de la obra complementaria, con el fin de restituir la capacidad y eficiencia hidráulica de estas, los elementos a los que se refiere esta actividad son los siguientes:

- Cunetas
- Contracunetas

- Canales revestidos
- Lavaderos
- Suministro y aplicación de pintura en cunetas de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de la obra complementaria de la cual se trate de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía. Esta actividad se realizará a los siguientes elementos:

- Cunetas
- Contracunetas
- Canales revestidos
- Lavaderos
- Limpieza de canales de entrada y salida de obra de drenaje

Conjunto de actividades que se realizan para retirar objetos sólidos y vegetación con el fin de restituir la eficiencia hidráulica de las obras de drenaje.

- Limpieza del interior de obras de drenaje

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar el azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y material acumulado en el interior de las obras de drenaje con el fin de restituir la capacidad y eficiencia hidráulica.

- Reparación de cabezotes y aleros de concreto hidráulico de obras de drenaje

Es la actividad que se realiza para reparar zonas pequeñas de concreto hidráulico en cabezotes y aleros, con el fin de proteger la obra y evitar deslaves

- Reparación de bordillos de concreto hidráulico

Se contemplan las actividades que se realizan para la sustitución parcial del elemento, cuidando que el procedimiento de ejecución sea el correcto, esto con la finalidad de restituir las condiciones originales de estos elementos.

- Suministro y aplicación de pintura en bordillos de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de los bordillos de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía.

#### 6.1.1.7 Señalamiento Horizontal

- Reposición de alertador de salida de la vialidad.

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las marcas sobre el pavimento, mantener las zonas de peaje y entronques en condiciones óptimas de seguridad.

- Suministro y aplicación de pintura base agua blanca y amarilla

Esta actividad se refiere a los trabajos necesarios para repintar las líneas del señalamiento horizontal sobre el pavimento con el propósito de brindar al usuario la seguridad en cuanto a señalamiento se refiere.

- Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, símbolos y marcas

Esta actividad se refiere a los trabajos necesarios para repintar las marcas del señalamiento horizontal referente a símbolos y leyendas sobre el pavimento, con el propósito de brindar al usuario la seguridad en cuanto a señalamiento se refiere. Las líneas y marcas para esta actividad pueden ser las siguientes:

**Símbolos y leyendas:** Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario de las vías como para regular la circulación de vehículos y peatones. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas, símbolos, triángulos CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE Y DESPACIO, entre otras.

- Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, raya canalizadora (M-5)

Esta actividad se refiere al conjunto de actividades necesarias para repintar las rayas que limitan la zona neutral, continuas, en blanco reflejante.

**Las rayas tipo M-5:** Se utilizan en carreteras para delimitar la trayectoria de los vehículos, canalizando el tránsito en las entradas, salidas y bifurcaciones, o para separar apropiadamente los sentidos de circulación, formando una zona neutral de aproximación a las isletas o fajas separadoras.

- Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, rayas reductoras de velocidad (M-9)

Esta actividad se refiere al conjunto de actividades necesarias para repintar las rayas de color blanco reflejante de 60 cm de ancho.

**Las rayas tipo M-9:** Se utilizan en carreteras y vialidades urbanas, generalmente en los pasos a nivel de peatones, cruces a nivel con vías férreas, en zonas escolares o cualquier otro sitio donde se requiera disminuir la velocidad de los vehículos, produciéndole al conductor la ilusión óptica y auditiva de que su vehículo se acelera.

- Suministro y aplicación de pintura base termoplástica roja, para raya de emergencia para frenado discontinua (M-14.1)

Esta actividad se refiere al conjunto de actividades necesarias para repintar las rayas en color rojo de 15 cm de ancho.

**Las rayas tipo M-14.1:** Se utiliza para guiar a los vehículos que pudieran estar fuera de control, desde el sitio donde inicia la pendiente descendente continua y prolongada para la que se diseña la rampa, hasta 1,000 m antes de su entrada, lugar donde los conductores han de tomar la decisión de entrar a ella.

- Suministro y aplicación de pintura base agua roja, para raya de emergencia para frenado continua (M-14.2)

Esta actividad se refiere al conjunto de actividades necesarias para repintar las rayas en color rojo de 15 cm de ancho, cumpliendo cabalmente con lo que se dispone en la normativa.

**Las rayas tipo M-14.2:** Se utiliza para guiar en forma continua a los vehículos que estén fuera de control, desde el sitio donde concluye la raya guía hacia rampa de emergencia para frenado, discontinua (M-14.1) hasta el lugar donde inicie la cama de frenado de la rampa.

- Suministro y aplicación de pintura base agua roja y blanca, para indicar el acceso a una rampa de emergencia para frenado (M-14.3)

Esta actividad se refiere al conjunto de actividades necesarias para repintar las rayas en color blanco y rojo, que se encuentran en el acceso a la rampa, cumpliendo cabalmente con lo que se dispone en la Norma.

- Suministro y colocación de botones metálicos

Conjunto de actividades que se realizan para reponer los botones metálicos, dañados o faltantes a lo largo de la autopista.

- Suministro y colocación de botones reflejantes blancos, amarillos y rojos

Conjunto de actividades que se realizan para reponer los botones reflejantes amarillos, dañados o faltantes a lo largo de la autopista.

#### 6.1.1.8 Señalamiento Vertical

- Limpieza de señalamiento vertical bajo y alto

La limpieza del señalamiento bajo y alto es el conjunto de actividades que se realiza para retirar todo el material que acumule la película reflejante, con el propósito de restituir su visibilidad y capacidad de reflexión. Esta actividad está considerada realizar a los siguientes tipos de señales:

- Restrictivo (SR)
- Preventivo (SP)
- Informativo de identificación (SII)
- Informativo de destino (SID)
- Informativo de recomendación (SIR)
- Información general (SIG)
- Turísticas y de servicio (STS)
- Señales diversas (OD)
- Informativo de destino SID-13 (Bandera)
- Informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
- Informativo de destino SID-15 (Puente)
- Reparación de señalamiento vertical bajo y alto

La reparación de señalamiento bajo y elevado, son las actividades necesarias cuando ha perdido su capacidad de reflexión o han sufrido algún tipo de daño, manteniendo así la seguridad del usuario.

- Restrictivo (SR)
- Preventivo (SP)
- Informativo de identificación (SII)
- Informativo de destino (SID)
- Informativo de recomendación (SIR)
- Información general (SIG)
- Turísticas y de servicio (STS)
- Señales diversas (OD)
- Informativo de destino SID-13 (Bandera)
- Informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
- Informativo de destino SID-15 (Puente)

- Reposición de señalamiento vertical bajo y alto

Actividades necesarias para la reposición del señalamiento vertical bajo y alto cuando han sufrido algún tipo de daño (golpes, perforaciones, corrosión, etc.), manteniendo así la seguridad del usuario.

- Restrictivo (SR)
- Preventivo (SP)
- Informativo de identificación (SII)
- Informativo de destino (SID)
- Informativo de recomendación (SIR)
- Información general (SIG)
- Turísticas y de servicio (STS)
- Señales diversas (OD)
- Informativo de destino SID-13 (Bandera)
- Informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
- Informativo de destino SID-15 (Puente)
- Suministro y aplicación de pintura en indicadores de alineamiento de concreto (incluye elemento reflejante)

Actividades necesarias para la aplicación de pintura en indicadores de alineamiento que hayan sufrido algún daño y/o desgaste, con el propósito de restituir su visibilidad

Los 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.

- Reposición de indicadores de alineamiento de concreto

Suministro e instalación de los repuestos de aquellos indicadores que hayan sido perdida, incluye, ubicación, excavación y todo lo necesario para su correcta instalación.

#### 6.1.1.9 Defensas y barreras.

- Limpieza de las señales o dispositivos de seguridad. (Defensas y barreras)

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar todo material extraño que se acumule en la barrera divisoria, defensa metálica o ménsula reflejante.

- Limpieza de barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey
- Limpieza de ménsulas reflejantes
- Limpieza de defensa metálica
- Reposición de cualquier señal o dispositivo de seguridad. (Defensas y barreras)

Se repondrá cuando su estado físico sea inadecuado o cuando sus niveles de reflexión se encuentren por debajo de los límites establecidos. Es importante mencionar que, en el caso de reposición, el dispositivo que se repone siempre debe ser retirado una vez que se coloque el nuevo. No deben existir dos dispositivos del mismo tipo, uno atrás del otro, ya sean señales, botones reflejantes, etc.

- Reposición de barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey.

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer un segmento de la barrera central divisoria que presenta deterioros o daños provocados por impacto o agentes diversos.

- Suministro y aplicación de pintura en barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de la barrera central divisoria de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía.

- Reposición de ménsulas reflejantes en barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey y en defensa metálica.

Es la actividad para reponer las ménsulas reflejantes cuando hayan perdido su capacidad de retroreflexión o que hayan sufrido algún daño por el cual ya no tengan el desempeño que debe, con el fin de que las condiciones de la carretera sean las óptimas en lo que a señalamiento se refiere.

- Reposición de malla antideslumbrante

Esta actividad se refiere a la reposición de las secciones de malla antideslumbrante, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

- Reposición de terminal de amortiguamiento

Esta actividad se refiere a la reposición de secciones extremas de amortiguamiento en defensas metálicas, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

- Reposición de terminal de amortiguamiento en bifurcación

Esta actividad se refiere a la reposición de amortiguadores de impacto en bifurcación, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

- Reposición de terminal cola de pato

Esta actividad se refiere a la reposición de terminales cola de pato, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

- Reposición de defensa metálica de dos y tres crestas

Los trabajos de reposición parcial de defensas metálicas que presenten deterioros o daños provocados por impactos o corrosión, entre otros, dichas actividades pueden incluir el cambio de piezas terminales, elementos de fijación o el reemplazo de secciones completas de la defensa (incluidos postes y elementos de sujeción), todo esto con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

#### 6.1.1.10 Derecho de vía

Franja de terreno de restricción federal o estatal que corre paralela a ambos lados de una vía de comunicación y que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de la vía de comunicación

- Deshierbe de derecho de vía a mano y con equipo.

Actividades necesarias para remover la vegetación existente en el derecho de vía a mano, con objeto de evitar la presencia de materia vegetal e impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, se

limitará o controlará a las plantas invasivas y se mejorará la seguridad y el funcionamiento del camino, mientras se protege al ambiente.

- Deshierbe en el derecho de vía (a mano) esta actividad se considera se realiza en los primero cinco metros de la franja del derecho de vía
- Deshierbe en el derecho de vía (con equipo) esta actividad se considera se realiza en el resto de la franja del derecho de vía que no se hace a mano.
- Poda de arboles

Actividades necesarias para la poda de árboles que obstruyan la buena visibilidad.

Las podas selectivas de mantenimiento se deben realizar dentro del derecho de vía, derribando todo árbol que crezca más de 3 metros de altura, permitiendo sólo la siembra de arbustos y plantas de ornato.

- Limpieza en el derecho de vía (Pepena de basura).

Actividades necesarias para retirar la basura que se acumula, la limpieza del derecho de vía también tiene como objetivo evitar la propagación de los incendios forestales en temporada de estiaje, por lo que es importante mantener despejadas de la maleza las orillas de la cinta asfáltica y de esa forma también evitar accidentes de tránsito.

- Retiro de obstáculos en el derecho de vía

Actividades necesarias para retirar obstáculos, el derecho de vía debe estar limpio, sin obstrucciones, sin basura, cascajo, animales.

- Reposiciones en el Derecho de vía.

Actividades necesarias para la reposición del alambre, no se permitirán deterioros en el cercado del derecho de vía (postes y alambre de púas o mallas).

- Reposición de alambre en cercado
- Reposición de postes de concreto en cercado
- Suministro y aplicación de pintura en postes de concreto

#### *6.1.1.11 Rampas para frenado de emergencia*

La función de una rampa de emergencia para frenado es capturar fuera del flujo principal de tránsito a todo aquel vehículo donde su conductor haya perdido el.

- Suministro, colocación, nivelación y escarificación de material granular.

Consiste, en la disgregación de la superficie del terreno y su posterior compactación a efectos de homogeneizar la superficie de apoyo.

- Reposición de indicadores de alineamiento

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer los indicadores de alineamiento en carreteras, cuando ya 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.

- Reposición de indicadores de alineamiento de PVC
- Reposición de defensa metálica de 3 crestas

#### 6.1.1.12 Servicios generales.

Son las actividades consideradas para mantener la conservación de los elementos en los edificios administrativos y plazas de cobro de la autopista.

- Limpieza de luminarias

Son las actividades que se realizan para retirar todo material que se acumule en estos elementos, para restituir su eficiencia.

- Reposición de luminarias

Conjunto de actividades necesarias para realizar la reposición de luminarias dañadas o faltantes a lo largo de la autopista.

- Suministro y aplicación de pintura en luminarias

Son las actividades de aplicación de pintura para cubrir la superficie del elemento con fines de protección contra agentes exteriores.

- Suministro de agua en depósitos (incluye limpieza).

Se refiere a la disponibilidad de depósitos de agua para el servicio del usuario en el camino.

- Suministro y aplicación de pintura en depósitos de agua y basura.

Son las actividades de aplicación de pintura para cubrir la superficie del elemento con fines de protección contra agentes exteriores, manteniendo el señalamiento de seguridad en esa zona.

- Mantenimiento a planta de tratamiento de agua residuales

## 6.2 CONSERVACIÓN PERIÓDICA

El plan para el mantenimiento periódico incluye aquellas actividades que tienen como objeto el reconstruir parte de la infraestructura y del equipamiento de los activos carreteros, el propósito de evitar la aparición de defectos mayores, así como de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos de acuerdo con las necesidades de la infraestructura, dichas actividades se ejecutan en periodos variables dependiendo de la infraestructura y/o elemento analizado, asegurando la vida útil de la carretera.

La propuesta de trabajos de mantenimiento periódico fue desarrollada principalmente con base en las estimaciones y procesos resultantes del análisis de los pavimentos y en general de los trabajos que deben realizarse durante la prestación del servicio, para mantener la infraestructura carretera en óptimas condiciones.

Para los trabajos de conservación periódica se consideraron las siguientes partidas:

- Pavimento
- Obras de drenaje
- Estructuras
- Señalamiento (vertical y horizontal)
- Dispositivos diversos
- Servicios Generales

- Mantenimiento y rehabilitación de equipos para el sistema de peaje

## 6.2.1 Pavimento

### 6.2.1.1 Determinación de zonas homogéneas

En la Guía de Diseño AASHTO 93 (“*AASHTO Guide For Design of Pavement Structures*”, Washington, 1993), las zonas homogéneas se refieren a áreas específicas dentro de la vía de estudio donde las condiciones de tráfico, el clima y otros factores son similares. Estas zonas se identifican para facilitar el diseño de estructuras de pavimento que se adapten mejor a las condiciones presentadas mediante la información recopilada.

Al realizar las zonas homogéneas, se pueden aplicar métodos de diseño de pavimentos que sean más precisos y apropiados para las condiciones específicas de cada zona, lo que puede conducir a un mejor y acertado mantenimiento a lo largo de la vida del proyecto.

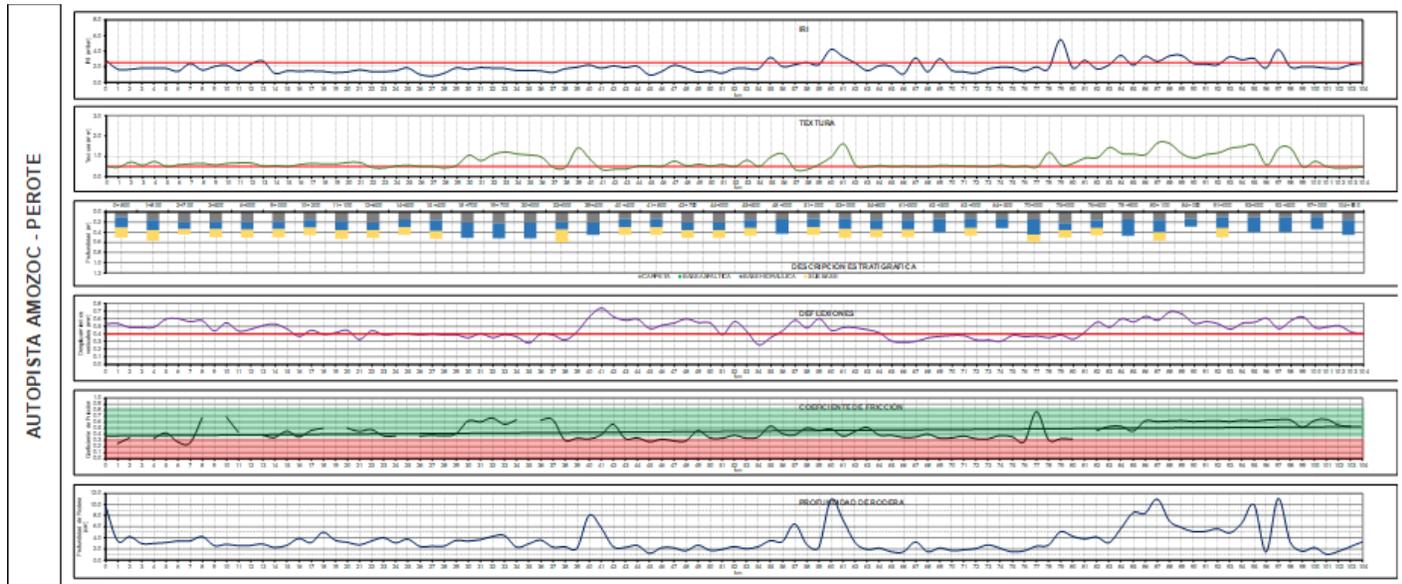
#### 6.2.1.1.1 Análisis de información recopilada

Para la determinación de los sectores o tramos homogéneos, se utilizaron los siguientes criterios:

- Deflexiones: evaluación estructural del pavimento, a partir de procedimientos no destructivos mediante equipo de pruebas *HWD (Heavy Weigth Deflectometer)*.
- Índice de Regularidad Internacional (IRI): obtenido con perfilómetro láser (equipo de alto desempeño).
- Coeficiente de fricción (CF): medido con Mu- meter.
- Macrotextura (MTX): medido con Mu- meter.
- Estratigrafía: obtenidos mediante sondeos simplificados.
- Profundidad de roderas (PR): este valor se obtiene mediante un equipo de escaneo, detectando las deformaciones de la sección transversal e identificando la profundidad, así como el ancho de las roderas.
- Clima: se considera las condiciones climáticas locales, como las temperaturas extremas, las precipitaciones, etc.

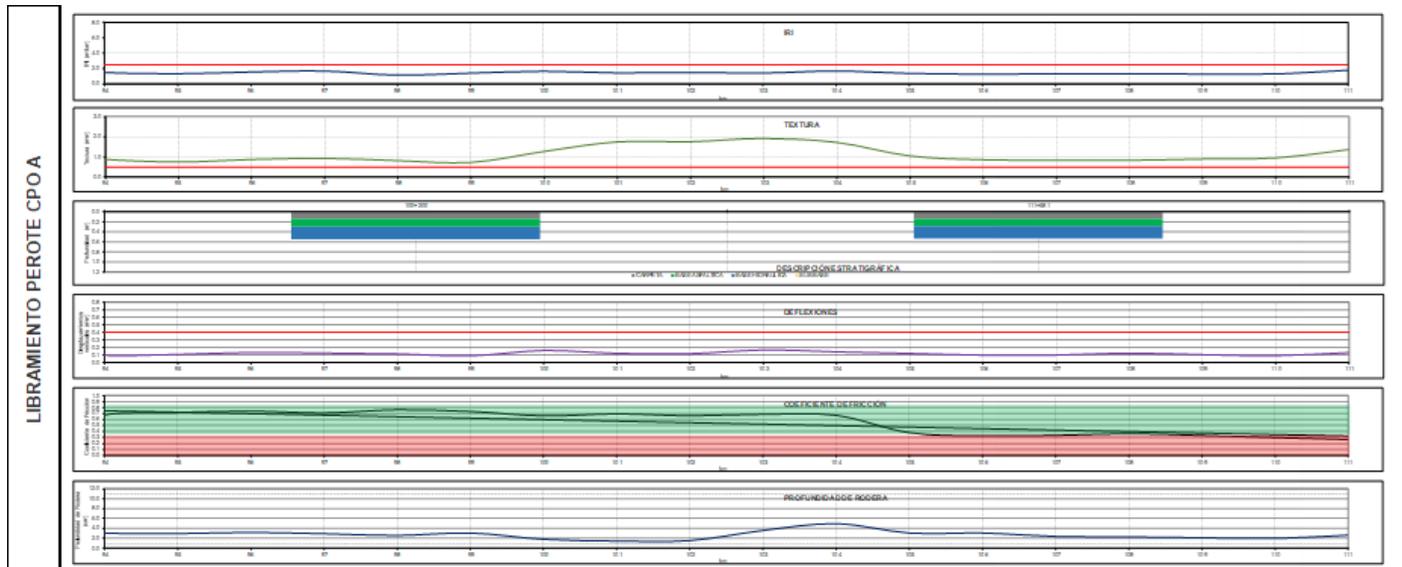
Con base en la información recopilada y analizada, se presentan a continuación los resultados obtenidos:

Figura 21 Parámetros obtenidos para la Autopista Amozoc – Perote



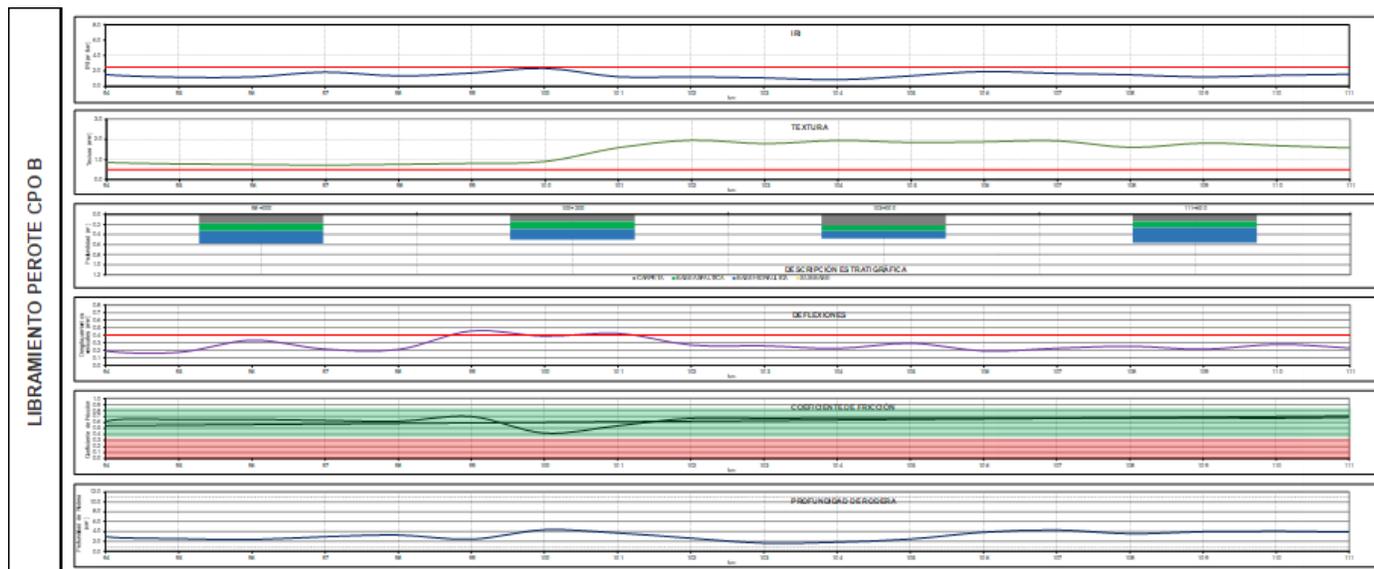
Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 22 Parámetros obtenidos para el Libramiento Perote CPO A



Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 23 Parámetros obtenidos para el Libramiento Perote CPO B



Fuente: Elaboración propia, 2024

Para mejor apreciación de los resultados de los parámetros obtenidos se puede consultar el Anexo Parámetros (IRI, TX, Def) Amozoc - Perote y Lib. Perote.

#### 6.2.1.1.2 Métodos para la determinación de zonas homogéneas

El análisis simultáneo de parámetros de evaluación, tales como condición superficial y estructural del pavimento, características del entorno, aforo, entre otros, permite dividir el tramo carretero de proyecto en zonas homogéneas desde el punto de vista de su comportamiento.

El establecimiento de zonas o sectores homogéneos se puede realizar de manera subjetiva realizando gráficos o larguillos que muestren el comportamiento de la variable medida a lo largo del proyecto o se puede realizar de una manera más objetiva mediante procedimientos analíticos

#### 6.2.1.1.3 Método de diferencias acumuladas

Existen procedimientos de análisis estadístico que ayudan al establecimiento de la longitud de los segmentos homogéneos. En la Guía de Diseño AASHTO 93 (*“AASHTO Guide For Design of Pavement Structures”, Washington, 1993*) se presenta el método de diferencias acumuladas.

El procedimiento, de tipo estadístico, se basa en el hecho matemático simple de que cuando la variable  $Z_x$  (definida como la diferencia entre el área bajo la curva de respuesta a cualquier distancia y el área total desarrollada por la respuesta promedio de todo el proyecto hasta la misma distancia) se dibuja como función de la distancia a lo largo del proyecto, los límites de los tramos homogéneos ocurren en los puntos donde la pendiente de la línea que representa la variación de  $Z_x$  con la longitud, cambia de signo.

El método de diferencias acumuladas es una herramienta que permite delimitar estadísticamente tramos homogéneos utilizando parámetros de evaluación, tales como, deflexiones, profundidad de rodera (PR), coeficiente de fricción (CF), índice de rugosidad internacional (IRI), entre otras, la metodología es de fácil visualización y entendimiento, pero la ejecución es una tarea larga, ya que puede involucrar bases de datos de gran tamaño, sin embargo, su adaptación a soluciones computarizadas y análisis gráfico es sencillo.

Figura 24 Solución tabular para el método de diferencias acumuladas

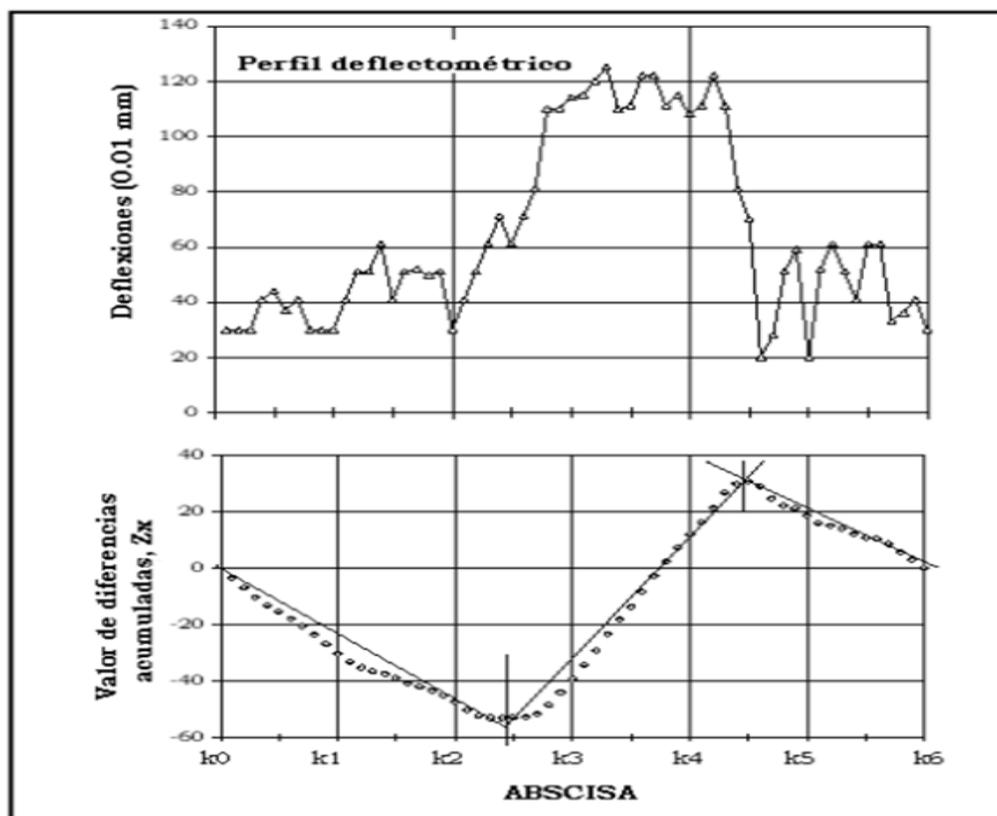
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estación (KM)	Valor de respuesta del pavimento ( $r_i$ )	Número de intervalo (n)	Distancia del intervalo ( $\Delta x_i$ )	Distancia acumulada ( $\sum \Delta x_i$ )	Valor de respuesta Promedio ( $r_i$ )	Área del intervalo real ( $\alpha_i$ )	Área acumulada ( $\sum \alpha_i$ )	$Z_x$ $Z_x = (8) - F^*(5)$
1	$r_1$	1	$\Delta x_1$	$\Delta x_1$	$r_1 = \bar{r}_1$	$\alpha_1 = r_1 * \Delta x_1$	$\alpha_1$	$Z_x = \alpha_1 - F * (\Delta x_1)$ $Z_2 = (\alpha_1 + \alpha_2) - F * (\Delta x_1 + \Delta x_2)$
2	$r_2$	2	$\Delta x_1 + \Delta x_2$	$\Delta x_1 + \Delta x_2$	$r_2 = (\bar{r}_1 + r_2) / 2$	$\alpha_2 = r_2 * \Delta x_2$	$\alpha_1 + \alpha_2$	-
3	$r_3$	3	$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$	$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$	$r_3 = (\bar{r}_2 + r_3) / 2$	$\alpha_3 = r_3 * \Delta x_3$	$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$	-
<b>Lp</b>	<b>m</b>	<b>Nt</b>	$\Delta x_1 + \dots + \Delta x_{nt}$	$\Delta x_1 + \dots + \Delta x_{nt}$	$r_{nt} = (\bar{r}_{n-1} + m) / 2$	$\alpha_{nt} = r_{nt} * \Delta x_{nt}$	$\alpha_1 + \dots + \alpha_{nt}$	$Z_{xnt} = (\alpha_1 + \dots + \alpha_{nt}) - F * (\Delta x_1 + \dots + \Delta x_{nt})$
				$A_t = \sum_{i=1}^{nt} a_i$				
				$F = A_t / L_p$				

Fuente: Guía de diseño AASHTO 1993

La columna (1) estaciones que contiene nuestro proyecto, columna (2) valor del parámetro de evaluación del pavimento que se está analizando (deflexión, CF, IRI, etc.), columna (3) número de intervalo, columna (4) distancia de la estación, columna (5) distancia acumulada, columna (6) expresa el valor promedio del parámetro de evaluación que se está analizando, columna (7) área del intervalo, columna (8) área acumulada, columna (9) se determina la diferencia acumulada.

Derivado de lo anterior, a continuación, se observa de manera gráfica el método de diferencias acumuladas.

Figura 25 Ejemplo de delimitación de unidades de análisis por el método de diferencias acumuladas



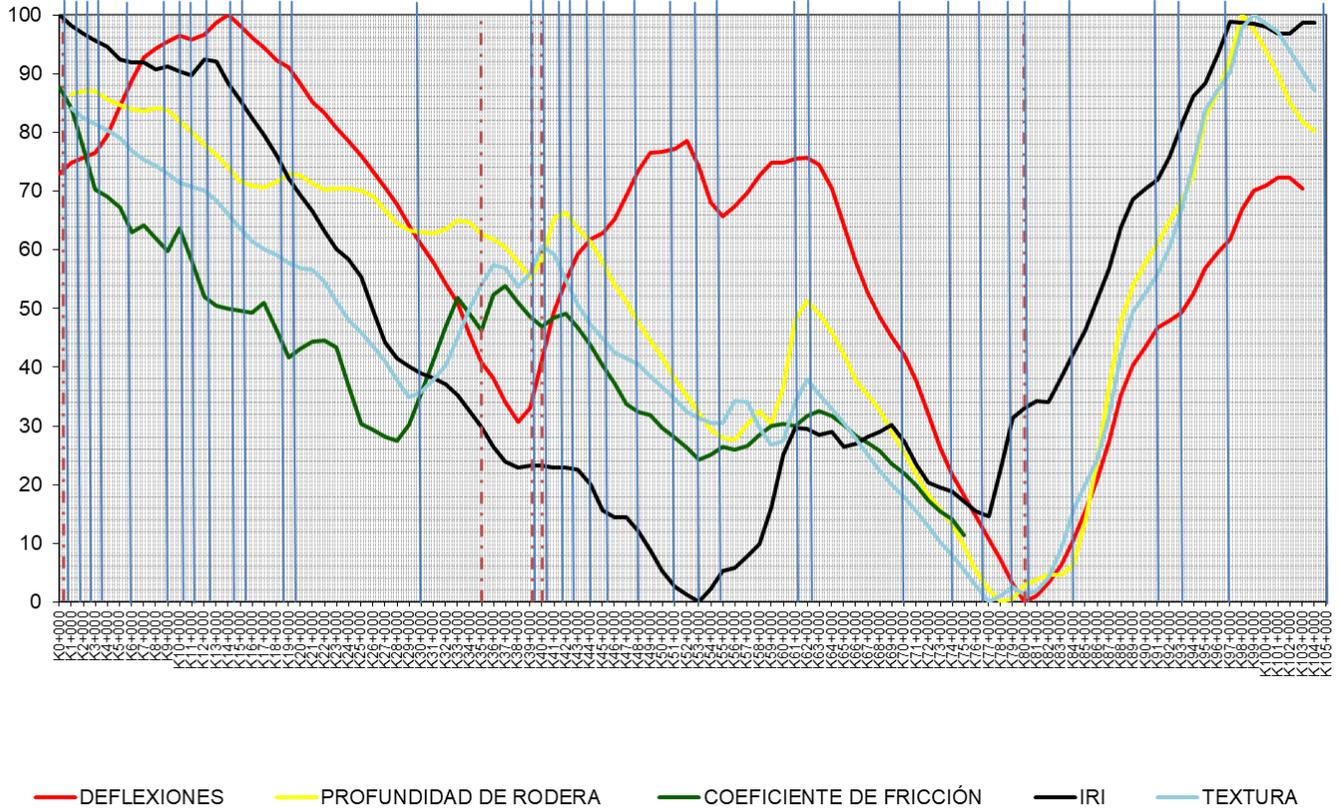
Fuente: Guía de diseño AASHTO 1993

#### 6.2.1.1.4 Resultados del estudio

Cabe mencionar que de igual forma se tomaron en cuenta los trabajos realizados en años anteriores y posteriores, ya que influyen de manera significativa en el proceso de criterio para proponer una zona homogénea, por lo que para la autopista Amozoc-Perote, se propusieron 40 zonas homogéneas.

Figura 26 Sectores o tramos homogéneos resultantes (Autopista Amozoc – Perote)

EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DE LA AUTOPISTA AMOZOC - PEROTE



Fuente: Elaboración propia, 2024

Tabla 15 Zonas homogéneas (Autopista Amozoc – Perote)

Zona	Km Inicial	Km Final	Zona	Km Inicial	Km Final
1	0+000	0+800	21	44+000	45+500
2	0+900	1+800	22	45+500	48+000
3	1+800	2+700	23	48+000	51+000
4	2+700	3+500	24	51+000	53+000
5	3+500	6+000	25	53+000	54+800
6	6+000	9+000	26	54+800	61+200
7	9+000	10+200	27	61+200	62+300
8	10+200	11+100	28	62+300	63+000
9	11+100	12+600	29	63+000	64+500
10	12+600	14+500	30	64+500	70+000
11	14+500	15+400	31	70+000	75+000
12	15+400	18+700	32	75+000	76+500
13	18+700	19+700	33	76+600	78+900
14	19+700	30+000	34	78+900	80+100
15	30+000	33+000	35	80+200	84+000
16	33+000	39+400	36	84+000	91+000

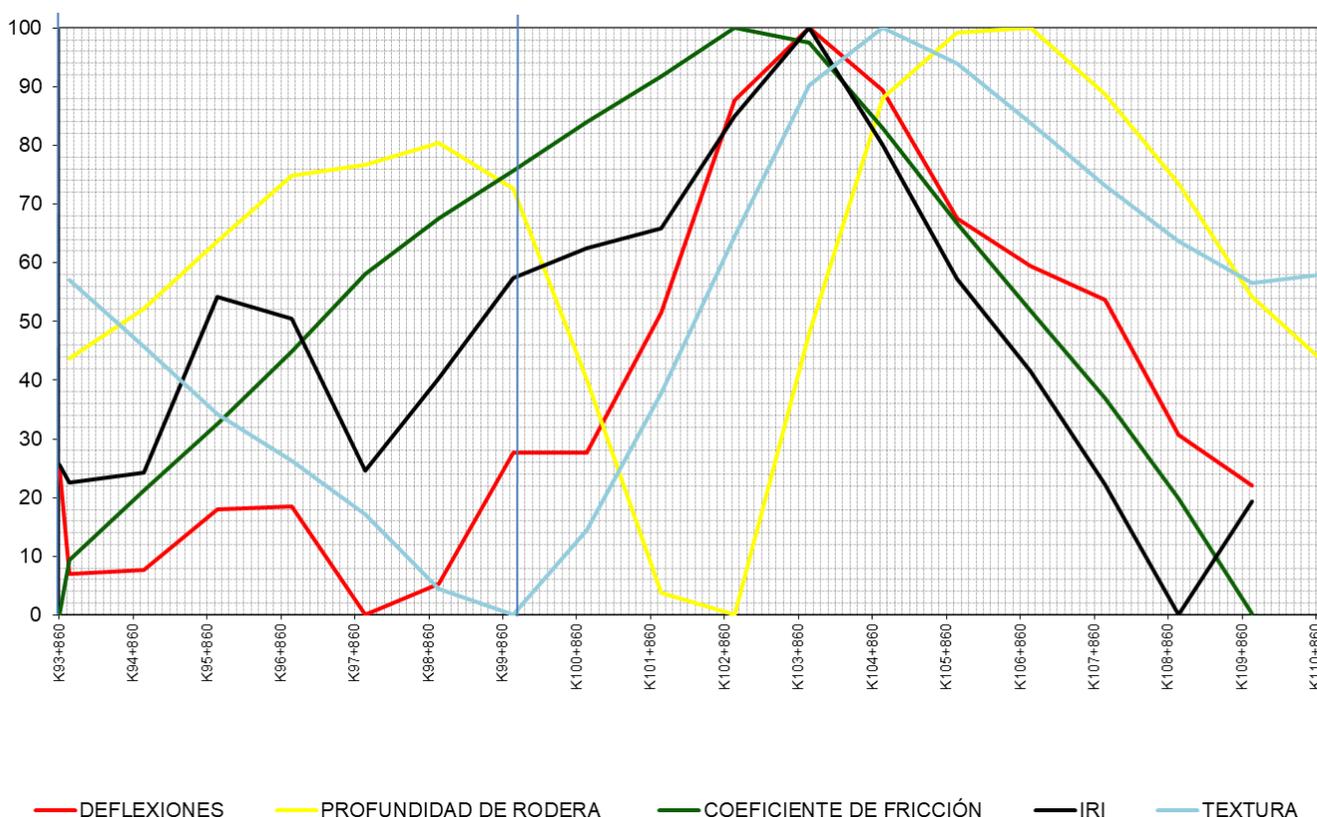
Zona	Km Inicial	Km Final	Zona	Km Inicial	Km Final
17	39+500	40+400	37	91+000	93+000
18	40+500	41+800	38	93+000	93+500
19	41+800	42+700	39	93+500	97+000
20	42+700	44+000	40	97+000	104+900

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para el caso del Libramiento Perote, se propusieron 2 zonas homogéneas para el CPO A y 4 zonas homogéneas para el cuerpo B.

Figura 27 Sectores o tramos homogéneos resultantes (Libramiento Perote CPO A)

EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL LIBRAMIENTO PEROTE



Fuente: Elaboración propia, 2024

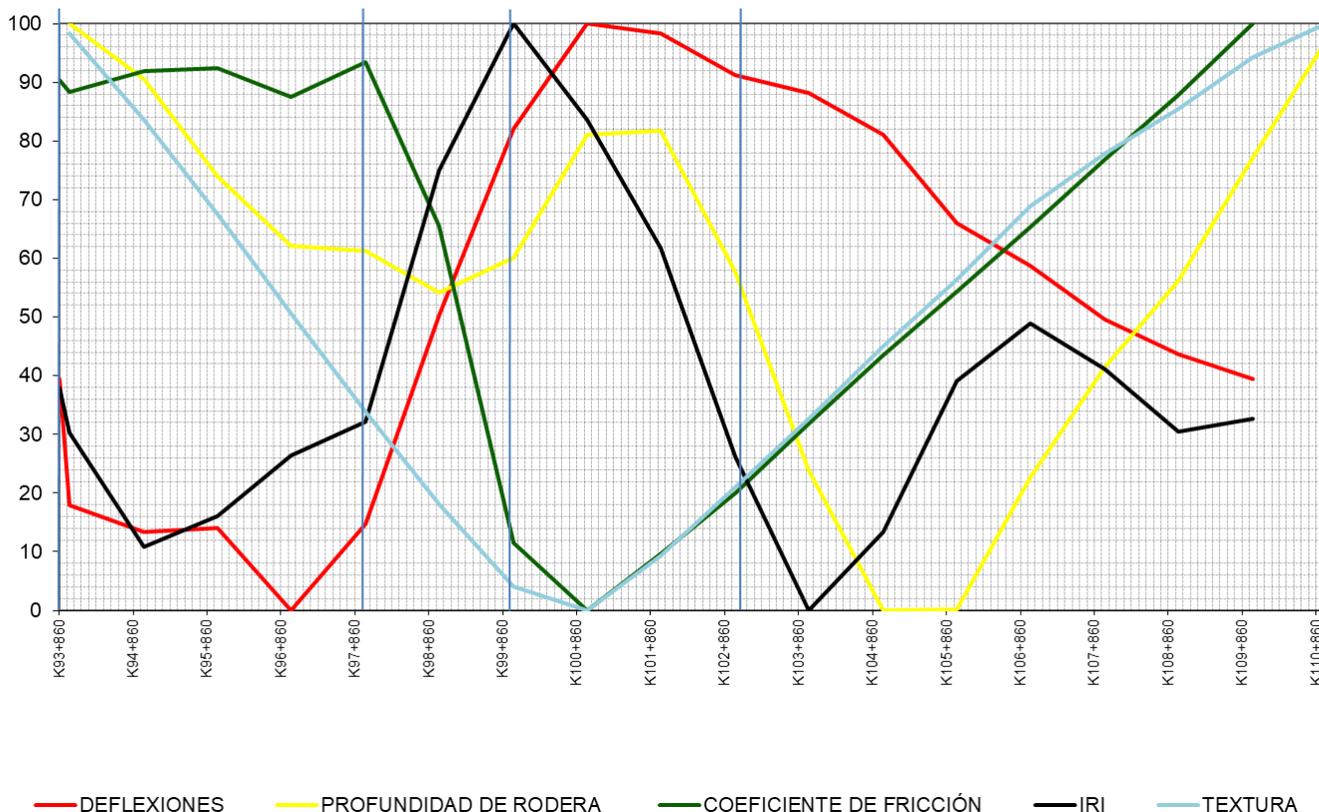
Tabla 16 Zonas homogéneas (Libramiento Perote CPO A)

Zona	Km Inicial	Km Final
1	93+700	100+200
2	100+200	111+581

Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 28 Sectores o tramos homogéneos resultantes (Libramiento Perote CPO B)

EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL LIBRAMIENTO PEROTE



Fuente: Elaboración propia, 2024

Tabla 17 Zonas homogéneas (Libramiento Perote CPO B)

Zona	Km Inicial	Km Final
1	93+700	98+000
2	98+000	100+200
3	100+200	103+000
4	103+000	111+600

Fuente: Elaboración propia, 2024

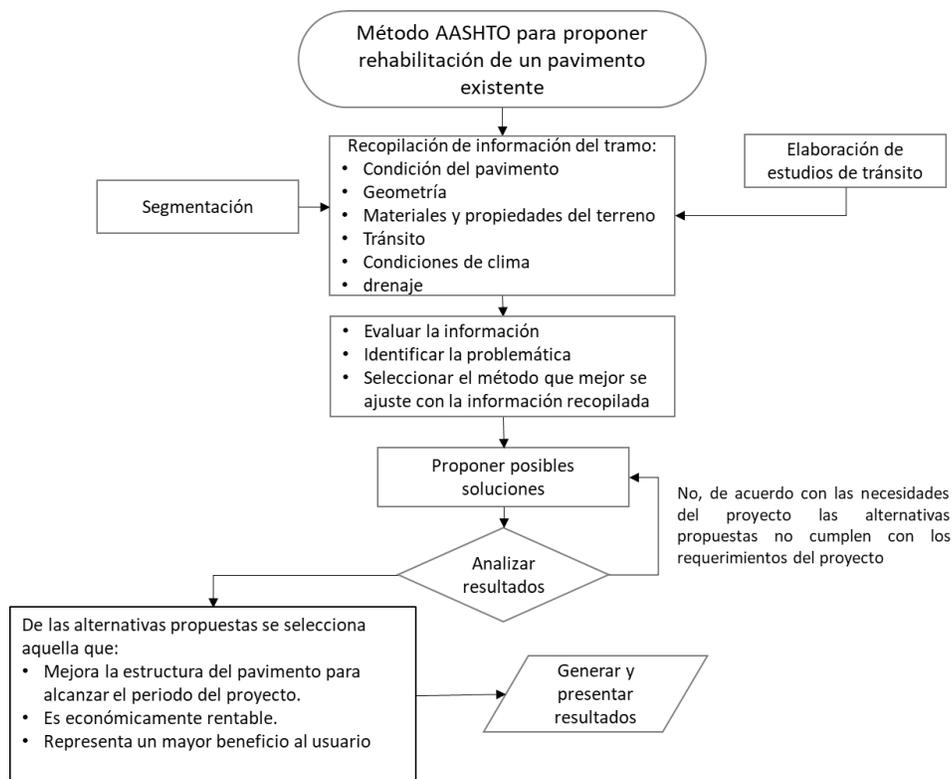
6.2.1.2 Memoria de cálculo de la revisión de la estructura existente del pavimento.

La revisión estructural del pavimento se realizó con el Método deflectométrico de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y del Transporte (*American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO*), versión de 1993, el cual se presenta a continuación:

### 6.2.1.2.1 Selección del Método AASHTO (deflectométrico).

El objetivo de este método es evaluar la estructura de un pavimento existente usando pruebas no destructivas, analizar y proponer trabajos de conservación periódica y de rehabilitación. El presente método es recomendable por la guía de diseño AASHTO.

Figura 29 Proceso del Método AASHTO para proponer trabajos de conservación mayor en pavimentos existentes



Fuente: Elaboración propia, 2024

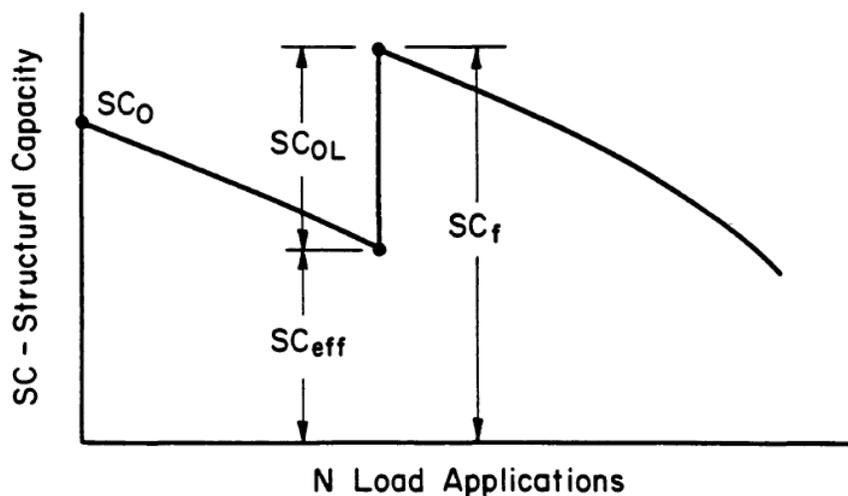
En particular para el tramo carretero Amozoc – Perote y Libramiento Perote, Después de analizar la información recopilada misma que se utilizó para definir zonas homogéneas (sectores) se optó por el método de uso de resultados de pruebas no destructivas (deflexiones) ya que evalúan la capacidad estructural actual del pavimento.

### 6.2.1.2.2 Evaluación de la estructura del pavimento existente.

El deterioro de la estructura del pavimento se relaciona con su capacidad de carga, por lo que con el tiempo se acumulan las cargas aplicadas por el tránsito vehicular,

La capacidad estructural disminuye con el tiempo y provoca una aceleración en el deterioro superficial del pavimento, por lo que esta evaluación pretende calcular la capacidad estructural que requiere añadirse al pavimento existente en términos de refuerzo, para alcanzar una aplicación de cargas determinada que será la pronosticada durante la duración del proyecto.

Figura 30 Perdida de capacidad estructural a través del tiempo por aplicaciones de carga del tránsito



Guía AASHTO 1993

$SC_0$  = Capacidad estructural inicial

$SC_{eff}$  = Capacidad estructural alcanzada después de una cantidad de aplicaciones de carga

$SC_{OL}$  = Capacidad estructural requerida (refuerzo)

$SC_f$  = Capacidad estructural requerida para un tránsito esperado en el futuro (de proyecto)

En particular para un pavimento flexible: la capacidad efectiva de la estructura existente (actual) está definida por el número estructural ( $SN_{eff}$ ) y la requerida para soportar el tránsito durante el periodo del proyecto ( $SN_f$ ).

Para el cálculo del  $SN_{eff}$  se utiliza la deflexión calculada al centro de la carga y la otra más alejada para retrocalcular el Módulo resiliente de la subrasante y capas inferiores utilizando la siguiente ecuación:

$$M_R = \frac{0.24 P}{d_r r}$$

$M_R$  = Módulo resiliente retrocalculado psi

$P$  = carga aplicada lb

$d_r$  = deflexión a una distancia  $r$  alejada del plato in

En particular para el presente proyecto, se consideran las deflexiones normalizadas a cargas de 40 KN y 20 °C de temperatura del pavimento para el cálculo del  $SN_{eff}$  mediante el retrocálculo.

Ya calculado el número estructural actual se calculan los Ejes Equivalentes actuales

### 6.2.1.2.3 Capacidad estructural futuro (de proyecto)

Para el cálculo de la capacidad estructural requerida se considera lo siguiente:

- Se analizan los resultados del estudio de tránsito de Cal y Mayor entregado el 4 de abril para estimar el crecimiento de tránsito y obtener los Ejes equivalentes.
- Índice de servicio inicial  $P_o = 4.2$  y final  $P_t = 2.5$
- Nivel de confianza del 85% equivalente a una  $Z_r$  de -1.037

- Factor de ajuste del módulo resiliente  $MR=0.350$  para subrasantes bajo un pavimento asfáltico con capas granulares de base o subbase.
- Se calculan los Ejes Equivalentes para cada sección en dos periodos.
- Debido a que el proyecto de Amozoc – Perote es a 40 años se consideran los siguientes periodos de diseño un primer análisis para el primer periodo de 20 años y posteriormente un segundo análisis para los últimos 20 años.
- La configuración vehicular siguiente para cada sección:

Tabla 18 Configuración vehicular

	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7
A2	75%	74%	71%	61%	61%	56%	37%
C2	4%	4%	4%	4%	4%	5%	8%
C3	4%	4%	4%	5%	5%	7%	14%
C2-R2	1%	1%	1%	1%	1%	2%	4%
B2	5%	4%	3%	2%	3%	2%	0%
B3	0%	0%	1%	2%	2%	2%	0%
T3-S2	8%	9%	7%	11%	12%	13%	18%
T3-S3	1%	1%	2%	3%	3%	5%	10%
T3-S2-R2	0%	0%	1%	1%	1%	1%	0%
T3-S2-R3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T3-S2-R4	3%	3%	5%	9%	9%	9%	9%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia, 2024

- Se utiliza la tasa de crecimiento promedio para 40 años para Amozoc-Perote de 2.8% y para el Libramiento Perote el promedio a 20 años para 2.3% para la sección 6 y 1.1% para la sección 7
- Aplicando la fórmula AASHTO para el cálculo de los ejes equivalentes:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Donde:  $W_{18}$  = 1 Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 t;  $Z_R$ =Desviación estándar normal;  $S_0$ =error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento;  $\Delta PSI$  =Diferencia entre el índice de Servicio inicial ( $P_o$ ) y la serviciabilidad final ( $P_t$ );  $MR$ =Módulo resiliente;  $SN$ =número estructural.

- Obteniendo los siguientes resultados:

De 1 a 20 años

Tabla 19 Ejes equivalentes requeridos

Tramos	Entronques	EE req	longitud	km/carril
<b>Tramo I</b>	Amozoc - Ixtenco	67,640,181.29	25.06	50.12
	Ixtenco - Audi	65,611,020.95	9.84	19.68
	Audi - Cuapiaxtla	65,611,020.95	5.66	11.32
<b>Tramo II</b>	Cuapiaxtla - Oriental	84,085,436.41	19.94	39.88
<b>Tramo III</b>	Oriental - Teziutlán - Cantona	67,147,758.06	1.50	3.00
	Cantona - Perote	68,875,699.13	18.50	37.00
<b>Libramiento de Perote</b>	Perote II a Perote III	49,212,309.13	24.37	48.74
	<b>140 a Perote II</b>	13,787,750.27	17.58	70.32

Fuente: Elaboración propia, 2024

De 20 a 40 años:

Tabla 20 Ejes equivalentes requeridos

Tramos	Entronques	EE req	longitud	km/carril
<b>Tramo I</b>	Amozoc - Ixtenco	121,641,839.33	25.06	50.12
	Ixtenco - Audi	118,243,889.56	9.84	19.68
	Audi - Cuapiaxtla	118,243,889.56	5.66	11.32
<b>Tramo II</b>	Cuapiaxtla - Oriental	150,273,837.70	19.94	39.88
<b>Tramo III</b>	Oriental - Teziutlán - Cantona	116,652,435.39	1.5	3
	Cantona - Perote	123,185,161.47	18.5	37

Fuente: Elaboración propia, 2024

#### 6.2.1.2.4 Necesidades de refuerzo

Posteriormente se compara la capacidad estructural actual y la capacidad estructural requerida para determinar la necesidad de refuerzo.

Tabla 21 Resultados del requerimiento de refuerzo

Tramo	Km inicial	Km final	Long km	Ca Asf	B Asf	B Hid	Subb	MR diseño	Sneff Retroca	EE actuales	EE req. a 20 años	Ref	EE req. de 20 a 40 años	Reh.	SNf Proy.
A-P	0+000	0+800	0.8	11	0	20	20	67.24	3.18	1,394,759	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.3
A-P	0+900	1+800	0.9	16	0	20	20	42.54	3.45	786,546	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.5
A-P	1+800	2+700	0.9	20	0	15	10	37.58	2.96	231,530	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.2
A-P	2+700	3+500	0.8	20	0	15	15	43.35	3.39	731,670	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.2
A-P	3+500	6+000	2.5	20	0	15	15	39.17	3.22	424,212	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.1
A-P	6+000	9+000	3	19	0	15	15	36.74	3.15	320,766	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.2
A-P	9+000	10+200	1.2	16	0	15	15	45.72	3.21	604,215	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.2
A-P	10+200	11+100	0.9	19	0	18	17	32.99	3.40	401,041	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.5
A-P	11+100	12+600	1.5	21	0	15	15	58.83	3.56	2,004,505	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.2
A-P	12+600	14+500	1.9	15	0	15	15	45.53	2.97	369,493	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.2
A-P	14+500	15+400	0.9	16	0	22	15	48.20	3.48	1,099,002	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.3
A-P	15+400	18+700	3.3	21	0	30	0	51.39	4.77	9,654,184	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.3

Tramo	Km inicial	Km final	Long km	Ca Asf	B Asf	B Hid	Subb	MR diseño	SNeff Retroca	EE actuales	EE req. a 20 años	Ref	EE req. de 20 a 40 años	Reh.	SNf Proy.
A-P	18+700	19+700	1	22	0	30	0	45.05	3.67	1,317,671	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.1
A-P	19+700	30+000	10.3	21	0	31	0	49.61	4.84	9,894,643	67,640,181	Sí	121,641,839	Sí	6.1
A-P	30+000	33+000	3	20	0	15	25	47.30	4.36	4,389,435	65,611,021	Sí	118,243,890	Sí	6.7
A-P	33+000	39+400	6.4	21	0	24	0	54.44	3.43	1,346,625	65,611,021	Sí	118,243,890	Sí	6.6
A-P	39+500	40+400	0.9	14	0	16	15	47.74	3.08	519,481	65,611,021	Sí	118,243,890	Sí	6.6
A-P	40+500	41+800	1.3	14	0	16	15	37.75	2.68	128,259	65,611,021	Sí	118,243,890	Sí	6.6
A-P	41+800	42+700	0.9	20	0	16	15	48.53	3.22	695,807	65,611,021	Sí	118,243,890	Sí	6.6
A-P	42+700	44+000	1.3	20	0	16	15	44.46	3.59	1,100,348	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.4
A-P	44+000	45+500	1.5	15	0	16	16	46.32	3.09	490,427	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.4
A-P	45+500	48+000	2.5	15	0	28	0	49.39	2.99	470,230	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.4
A-P	48+000	51+000	3	13	0	17	15	46.95	2.98	404,186	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.4
A-P	51+000	53+000	2	12	0	22	17	58.71	3.12	907,214	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.5
A-P	53+000	54+800	1.8	16	0	20	14	65.14	3.84	4,108,511	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.4
A-P	54+800	61+200	6.4	16	0	20	14	66.09	3.22	1,426,278	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.5
A-P	61+200	62+300	1.1	14	0	26	0	43.37	2.92	296,630	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.4
A-P	62+300	63+000	0.7	12	0	20	15	46.56	2.62	185,429	84,085,436	Sí	150,273,838	Sí	6.5
A-P	63+000	64+500	1.5	12	0	20	0	36.35	2.18	34,151	67,147,758	Sí	116,652,435	Sí	6.5
A-P	64+500	70+000	5.5	15	0	29	15	58.36	4.14	5,087,725	67,147,758	Sí	116,652,435	Sí	6.7
A-P	70+000	75+000	5	22	0	14	14	50.42	3.64	1,617,212	67,147,758	Sí	116,652,435	Sí	6.5
A-P	75+000	76+500	1.5	17	0	15	15	39.63	3.03	301,162	67,147,758	Sí	116,652,435	Sí	6.4
A-P	76+600	78+900	2.3	15	0	32	0	51.75	3.06	593,968	67,147,758	Sí	116,652,435	Sí	6.4
A-P	78+900	80+100	1.2	16	0	24	16	52.68	2.59	228,800	67,147,758	Sí	116,652,435	Sí	6.4
A-P	80+200	84+000	3.8	14	0	16	0	50.00	2.47	151,207	68,875,699	Sí	123,185,161	Sí	6.4
A-P	84+000	91+000	7	11	0	21	18	51.02	3.28	885,970	68,875,699	Sí	123,185,161	Sí	6.8
A-P	91+000	93+000	2	12	0	28	0	54.78	2.81	408,280	68,875,699	Sí	123,185,161	Sí	6.4
A-P	93+000	93+500	0.5	12	0	28	0	52.74	2.80	365,766	68,875,699	Sí	123,185,161	Sí	6.4
A-P	93+500	97+000	3.5	10	0	24	0	61.95	2.52	283,649	68,875,699	Sí	123,185,161	Sí	6.3
A-P	97+000	104+900	7.9	15	0	30	0	53.00	3.96	3,073,365	68,875,699	Sí	123,185,161	Sí	6.4
LP A	93+700	100+200	6.5	14	16	25	0	56.00	6.10	70,271,186	13,787,750	Sí			
LP A	100+200	111+581	11.381	14	14	25	0	70.00	5.96	98,921,037	49,212,309	Sí			
LP B	93+700	98+000	4.3	17	16	25	0	48.00	6.14	51,648,592	13,787,750	Sí			
LP B	98+000	100+200	2.2	14	15	21	0	48.00	4.72	7,715,567	13,787,750	Sí			
LP B	100+200	103+000	2.8	22	11	15	0	42.00	5.08	9,420,945	49,212,309	Sí			
LP B	103+000	111+600	8.6	14	12	30	0	51.00	5.81	39,190,782	49,212,309	Sí			

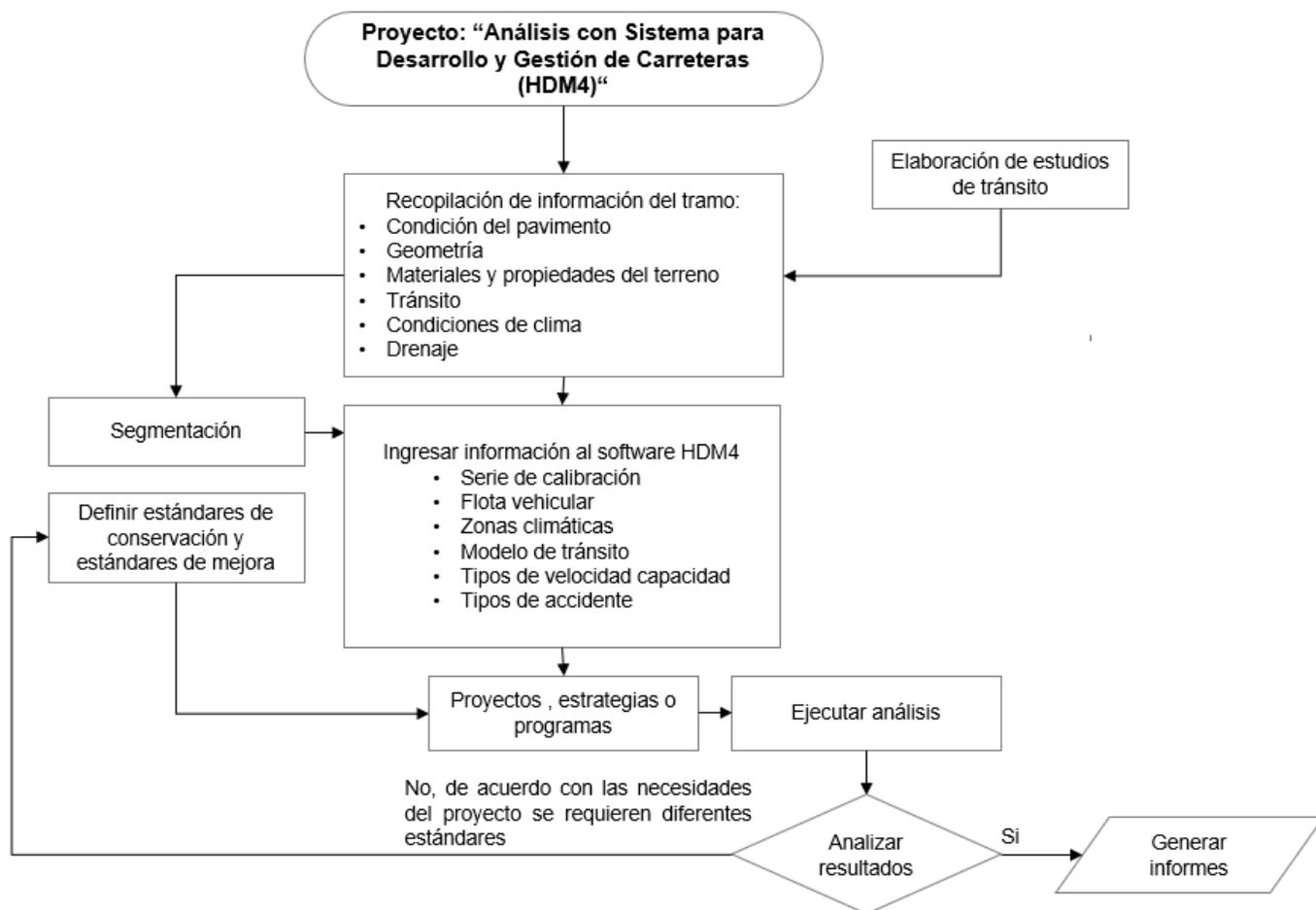
Fuente: Elaboración propia, 2024

De lo anterior se proponen trabajos de refuerzo de carpeta asfáltica en un primer periodo para cumplir con 20 años de vida útil, en particular para La Autopista Amozoc Perote, para los siguientes 20 años (del año 20 al 40), se recomienda efectuar una rehabilitación integral de las capas inferiores de base y carpeta asfáltica cumpliendo para cumplir con el periodo total del proyecto de 40 años.

### 6.2.1.3 Análisis con HDM-4

Con apoyo del programa de gestión de pavimentos HDM (*Highway Design and Maintenance* por sus siglas en inglés), se evaluó que durante la vida de proyecto el pavimento cumpla con indicadores establecidos de deterioro (DET), Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Profundidad de Rodera (PR) y Coeficiente de fricción (CF).

Figura 31 Proceso del análisis con HDM4



Fuente: Elaboración propia, 2024

#### 6.2.1.3.1 Consideraciones para el análisis de HDM-4

Se tomaron en cuenta los siguientes datos:

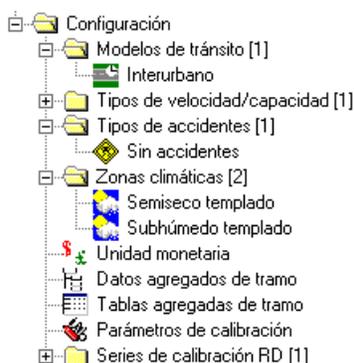
- Datos de TDPA, composición vehicular y tasa de crecimiento
- Ejes equivalentes de 8.2 T por segmento
- Valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) por segmento
- Valor de Ahuellamiento por segmento
- Valor de Coeficiente de Fricción (CF) por segmento
- Valor de Macro textura por segmento

- Valor de Deflexión por segmento
- Segmentación o zonas homogéneas
- Características geométricas de cada sector
- Espesores y tipo de pavimento (estructura obtenida de los sondeos proporcionados)
- Número Estructural y coeficiente de capa
- Clima
- Periodo de mantenimiento

### Configuración del Modelo

Para poder correr el modelo HDM4 es necesario hacer una configuración previa del programa, para que reconozca, entre otras cosas, unidades monetarias, modelos de tránsito, climas, tipos de pavimento, tipos de superficie de rodamiento, etc.

Figura 32 Configuración del modelo



Fuente: Elaboración propia, 2024

### Criterios de conservación y acciones de mantenimiento

Se definieron las siguientes actividades de mantenimiento rutinario y periódico en el programa para que se aplicaran de acuerdo con la progresión de la condición d los tramos.

Tabla 22 Acciones de mantenimiento

RUTINARIA*	PERIÓDICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sellado de grietas</li> <li>• Bacheo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresado y reposición con carpeta asfáltica.</li> <li>• Microcarpeta</li> <li>• Refuerzos estructurales.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 33 Acciones de Mantenimiento

Fresado y Carpeta	FCa
Refuerzo cm	REF
Microcarpeta	MCA
Bacheo	BACH
Sellado de grietas	SG

Fuente: Elaboración propia, 2024

Se establecieron los siguientes umbrales o límites en cumplimiento con las normativas vigentes de la SICT, para establecer las condiciones y los efectos de las acciones de conservación.

Tabla 23. Criterio de intervención

INDICADOR	UMBRAL o LÍMITE
Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	$\leq 2.5$ m/km
Ahuellamiento	$\leq 8$ mm
Coefficiente de Fricción (CF)	$\geq 0.41$
Textura (Macro textura)	$\geq 0.75$

Fuente: Elaboración propia, 2024

### Propuestas de Mantenimiento

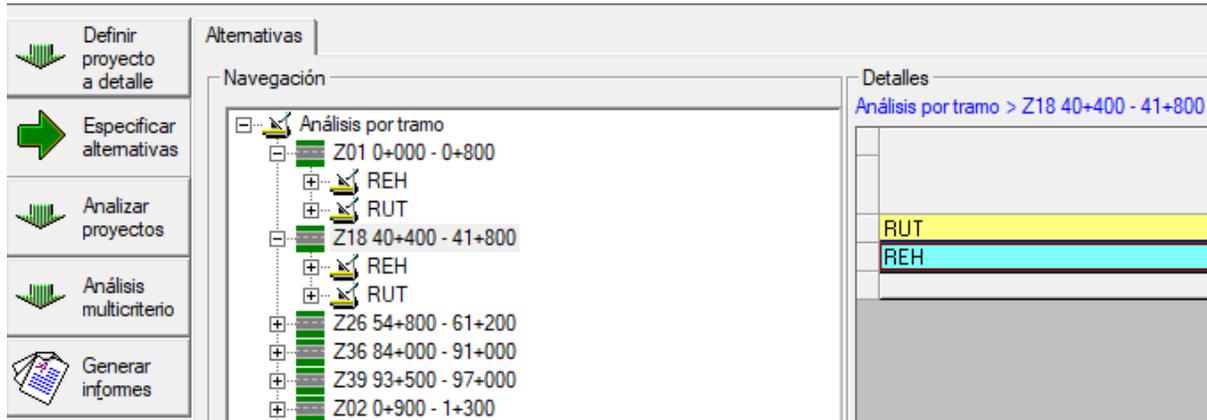
Para analizar el proyecto en el software y con base en lo anterior, se definió la alternativa base y la alternativa óptima de mantenimiento para obtener los años de intervención del programa.

Tabla 24. Propuestas de Mantenimiento

ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN
Alternativa base (RUT)	Esta alternativa es sin actuaciones de rehabilitación y solo se actúa mediante conservación rutinaria.
Alternativa 1 (Reh)	Esta alternativa es considerando refuerzos estructurales para cumplir con la capacidad estructural, así como también, fresado y reposición con mezcla asfáltica de granulometría densa cada vez que se requiera, para conservar el IRI, el coeficiente de fricción, textura y eliminar deterioros superficiales.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 34 Propuestas de mantenimiento

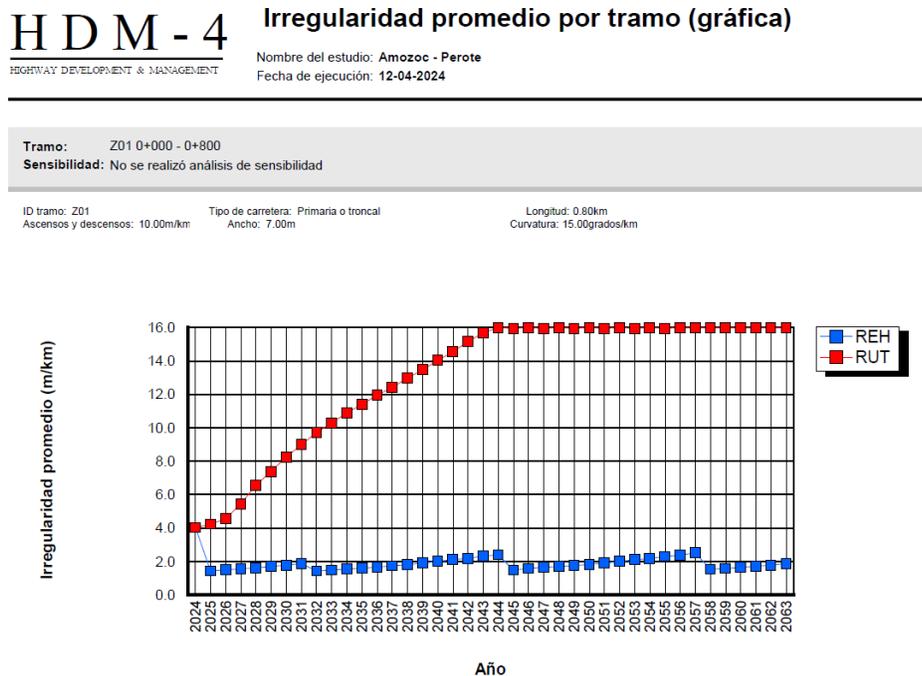


Fuente: Elaboración propia, 2024

El proceso final de los programas de conservación es generar los resultados corriendo el modelo en el software HDM-4.

A continuación, se presenta una gráfica ejemplo del comportamiento del modelo de deterioro de la Autopista Amozoc - Perote, donde se puede observar que al aplicar la alternativa base (únicamente el mantenimiento rutinario), el IRI se va incrementando conforme el tiempo. Por otro lado, al aplicarle la alternativa “REH” (propuesta de refuerzos estructurales y fresado y reposición con mezcla asfáltica) el IRI cumple con el umbral requerido de 2.5 m/km durante el periodo de Concesión.

Figura 35 Ejemplo de gráfica de IRI promedio generada con HDM-4



---

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para mejor apreciación de los resultados de la progresión de la condición del pavimento por sección y alternativa se puede consultar el Anexo HDM4 Condición de la carretera (Gráfica IRI y Tabla)

Para cumplir con los indicadores de IRI y PR, se propusieron trabajos de fresado y reposición de carpeta de 4 cm sin incrementar la rasante aplicando los trabajos cuando el IRI sea mayor o igual a 2.5 m/km y la PR sea mayor a 8 mm, valores tomados de la normativa actual de la SICT.

Para el caso del coeficiente de fricción y textura, se propone la ejecución de actividades de colocación de una capa de rodadura (*Microcarpeta*), considerando aplicar los trabajos cuando la fricción sea menor 0.41, valor tomado de la normativa actual de la SICT. En el **Anexo 2** se presentan los resultados a detalle de la corrida del programa (Resultados de la condición del pavimento flexible, y Gráficas de IRI pavimento flexible).

#### *6.2.1.4 Resultados para la programación de actividades para la conservación mayor del pavimento*

La distribución de los trabajos a lo largo del horizonte de proyecto (40 años Amozoc-Perote y 20 años Libramiento Perote) queda de la siguiente manera: (Anexo 3 Programación de trabajos (Autopista Amozoc - Perote Libramiento Perote))



## 6.2.2 Actividades Particulares del programa CAPEX

Para la elaboración del programa anual de mantenimiento periódico como parte del CAPEX, se analizaron con base en la experiencia de los especialistas de Cal y Mayor en proyectos de similares características.

Las partidas y conceptos o ítems considerados se resumen a continuación:

### **Equipamiento**

- Sustitución de los equipos, periféricos y refaccionamiento que se encuentren fuera del contrato de leasing por actualización tecnológica y/o fin de vida útil estimando su programación a partir de 2025.

### **Pavimentos**

- Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos
- Corte de pavimento asfáltico
- Riego de liga de 1.2 lt/m<sup>2</sup>
- Riego de impregnación de 0.7 lt/m<sup>2</sup>
- Construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica
- Construcción de base hidráulica
- Construcción de carpeta asfáltica de granulometría densa
- Construcción de capa de rodadura (micro carpeta)

### **Taludes**

- Arrope de taludes
- Suministro y colocación de malla triple torsión
- Construcción de muro gavión
- Estabilización de taludes

### **Estructuras**

- Sustitución de juntas de dilatación
- Sustitución de apoyos de neoprenos
- Reparaciones en elementos estructurales de concreto con material epóxico
- Reparación de parapetos de concreto hidráulico
- Reparación de parapetos metálicos
- Reparación de banquetas y guarniciones de concreto hidráulico
- Reconstrucción de parapetos de concreto hidráulico
- Reconstrucción de parapetos metálicos
- Reconstrucción de guarniciones de concreto hidráulico
- Suministro y aplicación de pintura vinílica en guarniciones
- Suministro y aplicación de pintura vinílica en elementos de concreto
- Suministro y aplicación de pintura de protección anticorrosiva en parapetos metálicos
- Fresado de carpeta asfáltica en PIVs
- Reposición de carpeta asfáltica en PIVs

### **Obras de Drenaje y complementarias**

- Suministro y aplicación de pintura en bordillos de concreto hidráulico
- Suministro y aplicación de pintura en lavaderos de concreto hidráulico

- Suministro y aplicación de pintura en cunetas de concreto hidráulico
- Reconstrucción de contracunetas de concreto hidráulico
- Suministro y aplicación de pintura en contracunetas de concreto hidráulico
- Reconstrucción de bordillos de concreto hidráulico
- Reconstrucción de canales revestidos
- Suministro y aplicación de pintura en canales revestidos
- Reconstrucción de lavaderos de concreto hidráulico
- Reconstrucción de cunetas de concreto hidráulico
- Reparación mayor en alcantarillas de concreto hidráulico de concreto hidráulico
- Resanes en elementos estructurales de concreto (aleros, losas y muros)
- Renivelaciones de cunetas de concreto hidráulico

### ***Señalamiento horizontal***

- Suministro y colocación de botones reflejantes amarillos
- Suministro y colocación de botones reflejantes blancos
- Suministro y aplicación de pintura base agua, amarilla
- Suministro y aplicación de pintura base agua, blanca
- Colocación de alertadores de salida de la vialidad
- Reposición de alertadores de salida de la vialidad
- Reposición de banda de estruendo

### ***Señalamiento vertical***

- Reposición de señalamiento vertical restrictivo (SR)
- Reposición de señalamiento vertical preventivo (SP)
- Reposición de señalamiento vertical informativo de identificación (SII)
- Reposición de señalamiento vertical informativo de destino (SID)
- Reposición de señalamiento vertical informativo de recomendación (SIR)
- Reposición de señalamiento vertical de información general (SIG)
- Reposición de señalamiento vertical turísticas y de servicio (STS)
- Reposición de señalamiento vertical de señales diversas (OD)
- Reposición de señalamiento vertical informativo de destino SID-13 (Bandera)
- Reposición de señalamiento vertical informativo de destino SID-14 (Doble bandera)
- Reposición de señalamiento vertical informativo de destino SID-15 (Puente)
- Suministro y colocación de Indicadores de alineamiento de concreto

### ***Defensas y barreras***

- Reposición de terminales de amortiguamiento
- Reposición de terminales cola de pato
- Reposición de amortiguador de impacto en bifurcación
- Reposición de defensa metálica de tres crestas
- Renivelación de defensa metálica de dos crestas
- Reposición de postes de defensa metálica
- Sustitución de defensa metálica de dos crestas por tres crestas

### ***Iluminación***

- Reposición de luminarias plazas de cobro incluyendo su poste
- Mantenimiento a transformadores

- Reposición de luminarias plazas de cobro
- Reposición de luminarias en túnel
- Reposición del cableado en luminarias en túnel

### **Estudios y supervisión**

- Auscultación de pavimentos para Amozoc-Perote
- Auscultación de pavimentos para Libramiento Perote
- Estudio y proyecto de estabilidad de taludes para Amozoc-Perote
- Estudio y revisión de estructuras para Amozoc-Perote
- Estudio y proyecto de estabilidad de taludes para Libramiento Perote
- Estudio y revisión de estructuras para Libramiento Perote
- Estudio de señalamiento de actualización para Amozoc-Perote
- Estudio de señalamiento de actualización para Libramiento Perote
- Supervisión de conservación periódica

### **Edificaciones**

- Actividades de mantenimiento de las edificaciones las Plazas de Cobro “Amozoc”, “Cuapiaxtla”, “Cantona”, “Audi”, “Perote”, considerando las siguientes estructuras:
- 4 Edificios de Control.
- 2 Talleres.
- 4 Casetas de Cobro troncales.
- 2 Casetas de Cobro auxiliares (4 tomando en cuenta uno por sentido de circulación).
- 3 Servicios conexos (6 tomando en cuenta uno por sentido de circulación).
- 1 Edificio de Control de Operaciones.
- 1 Edificio Administrativo.
- 1 Edificio de Mantenimiento.
- 1 Módulo de la Guardia Nacional.
- 1 Bodega.

A continuación, se presentan las actividades a ejecutar en el periodo de conservación.

#### **6.2.2.1 Pavimentos**

- Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos

Los trabajos previos incluyen la colocación de señales y dispositivos de seguridad que se requieran conforme lo indica la normativa, así también sobre la superficie de rodamiento se delimitarán los tramos o áreas por fresar, finalmente la actividad consistirá en recortar y retirar el espesor deseado, para eliminar las deformaciones superficiales o para retirar capas de rodadura deterioradas, a fin de mejorar la comodidad y seguridad del usuario de la vía.

- Riego de liga de 1.2lt/m<sup>2</sup>

El riego de liga consiste en la aplicación de un material asfáltico sobre una base o una carpeta asfáltica, con objeto de lograr una buena adherencia con la capa de mezcla asfáltica que se construya encima.

- Riego de impregnación de 0.7 lt/m<sup>2</sup>

El riego de impregnación se aplica sobre una capa de material pétreo como la base del pavimento, con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

- Construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica

Esta actividad se refiere a la construcción de una capa estabilizada con emulsión asfáltica para mejorar el comportamiento de la base hidráulica.

- Construcción de base hidráulica

Esta actividad se refiere a la construcción de una capa de materiales pétreos seleccionados que se construyen generalmente sobre la subbase, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica; soportar las cargas que ésta le transmita aminorando los esfuerzos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior.

- Construcción de carpeta asfáltica de granulometría densa

Es la carpeta asfáltica construida mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, utilizando calor como vehículo de incorporación con la finalidad de reforzar la estructura del pavimento, además de restablecer o mejorar las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura.

Los materiales por utilizar para la construcción de la carpeta asfáltica deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales.

Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos empleados en la elaboración de la carpeta asfáltica se mezclarán con la dosificación necesaria para tener una mezcla homogénea, determinado tal mediante un diseño de mezclas asfálticas en caliente, aplicando el método de diseño que establezca el proyecto.

- Construcción de capa de rodadura (micro carpeta)

Es la capa de rodadura que se construye sobre la superficie de una carpeta asfáltica, mediante la aplicación de un riego de material asfáltico y una capa de material pétreo triturado de granulometría determinada, para restablecer o mejorar la resistencia al deslizamiento y seguridad de la superficie de rodadura.

Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la construcción de la capa de rodadura deberán cumplir con los requisitos establecidos en la normativa, así mismo su dosificación deberá cumplir con lo indicado.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc – Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

- Para la reposición de la carpeta asfáltica (fresados y construcciones de carpeta del mismo espesor) se ejecutará considerando el ancho total de los carriles de circulación sin acotamientos.
- La construcción de carpeta asfáltica que se utilizará para reforzamiento estructural y en la rehabilitación de la estructura del pavimento, se ejecutará considerando todo el ancho de calzada.

#### 6.2.2.2 Taludes

- Arrope de taludes

Esta actividad corresponde a los trabajos para proteger a los taludes de terraplén de la erosión del material, por agentes como el viento, agua, entre otros. Los materiales que se podrán utilizar para

el arroje de taludes serán aquellos que permitan el crecimiento a vegetación para lograr una estabilidad del talud, amacizando este como tal.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para el arroje de taludes se estimó un porcentaje del volumen estimado de material de arroje en los taludes de terraplén, con una periodicidad de cada 8 (ocho) años, iniciando en el año 2029.

- Suministro y colocación de malla triple torsión

Para la protección de los taludes de corte se está considerando el suministro y colocación de malla triple torsión la cual servirá principalmente para la contención de finos, con el objetivo principal de reducir el riesgo de desprendimientos y evitar que estos lleguen a la calzada o la obra complementaria, permitiendo que todos los elementos se conserven en su totalidad.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la colocación de malla triple torsión estimó un porcentaje del área de malla que existe actualmente, con una periodicidad de cada 8 (ocho) años, iniciando en el año 2029.

- Construcción de muro gavión

La construcción de muro gavión es una solución técnica y económica eficiente, será utilizado principalmente para evitar la acumulación de caídos al pie del talud de los cortes, así como evitando un deslizamiento superficial en estos, siendo una estructura importante en el manejo de estabilización de taludes de cortes.

Serán de forma rectangular de diferentes dimensiones constituidos por una red de malla metálica tejida a doble torsión que forman una base, paredes verticales y una tapa, la cual, eventualmente, puede ser formada por separado. Son rellenos en obra con bloques sanos de roca de peso apropiado.

Los trabajos antes descritos se consideraron únicamente para la Autopista Amozoc - Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la construcción de muro gavión se estimó una longitud de muro gavión a construir en los taludes de corte únicamente de la Autopista Amozoc-Perote, en dos intervenciones las cuales corresponden a los años 2038 y 2053.

- Estabilización de taludes

Se consideró dentro de esta actividad una estabilización de taludes, mediante concreto lanzado y colocación de anclas de fricción, en cortes que pudieran presentar una estabilidad considerable.

Esta actividad se considerará dependiente de los resultados de los estudios realizados a los taludes de corte el cual dictará la mejor opción para la estabilidad de estos.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Una de las estrategias que pudieran ser resultado de los estudios propuestos a los taludes de corte, y en caso de que existiera la posibilidad de que alguno de los taludes llegase a presentar cierto

deterioro o erosión es la estabilización del talud mediante concreto lanzado y anclas, dicha actividad se estimó para el año 2038 y 2053, pudiendo ser aplicable para ambos activos.

### 6.2.2.3 Estructuras

- Sustitución de juntas de dilatación

Esta actividad, consiste en la remoción de las juntas, bien sea metálica o elastomérica, que se encuentre en mal estado y requiera su reemplazo por una nueva, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua, al mismo tiempo que permite el libre movimiento de estas a causa de los cambios de temperatura, evitando la degradación y deterioro.

Esta actividad comprende el retiro de todo el pavimento y el concreto deteriorado en la zona adyacente a las juntas de dilatación, su reposición y la instalación de las nuevas juntas.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Se consideró el cambio de juntas de dilatación en estructuras cada cinco años iniciando en el año 2027, dicha sustitución considera un porcentaje total de las longitudes de las juntas obtenidas del inventario otorgado.

- Sustitución de apoyos de neoprenos

Los trabajos se refieren a la sustitución de los apoyos que presenten daños, tales como aplastamiento, agrietamiento y deformación de las almohadillas de material elastomérico y corrosión severa en las placas y aditamentos metálicos, ya sea por la acción de agentes ambientales o por el uso de estos.

Los materiales por utilizar para la reposición de apoyos de neopreno deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales de la normativa y las características de los materiales para placas y apoyos integrales de Neopreno.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Se consideró el cambio de algunos apoyos de neopreno en estructuras cada diez años iniciando en el año 2029, dicha sustitución considera un porcentaje total de los apoyos neoprenos calculados del inventario otorgado.

- Reparaciones en elementos estructurales de concreto con material epóxico

Esta actividad se refiere a los trabajos necesarios para hacer reparaciones en elementos estructurales de concreto hidráulico, los cuales presentan deterioros tales como desconchamientos, agrietamientos, deterioros por corrosión del acero de refuerzo, entre otros. La restitución se puede hacer mediante resanes superficiales o reparaciones de la sección completa.

Para la selección de materiales se deberá tener en cuenta de la realización de un estudio adelantado por un profesional experto en el daño que se presente a la estructura.

Se debe de considerar de igual manera la adherencia entre el concreto existente y el nuevo de la reparación pudiendo emplear compuestos epóxicos que brinden una adhesión superior a la resistencia propia del concreto.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Las reparaciones a elementos estructurales se consideró cierta cantidad de decímetros cúbicos (dm<sup>3</sup>) a reparar en elementos, como los son estribos, cabezales, columnas, entre otros, los cuales se programaron dichos trabajos con una periodicidad de 9 (nueve) años, iniciando en el año 2027.

- Reparación de parapetos de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a los trabajos necesarios para hacer reparaciones en los parapetos de concreto hidráulico debido a impactos vehiculares, con el fin de restituir las condiciones originales de estos elementos.

Dentro de los materiales que pudieran ser utilizados son morteros, concretos convencionales y morteros a base de resinas sintéticas. El concreto que se utilizará deberá ser de resistencia similar al del concreto del parapeto que se repara.

Se debe de considerar de igual manera la adherencia entre el concreto existente y el nuevo de la reparación pudiendo emplear compuestos que brinden una adhesión superior a la resistencia propia del concreto.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Las reparaciones a los parapetos de concreto hidráulico, derivada del tipo de parapeto que se consideró para las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron cierta cantidad de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) a reparar en este tipo de elementos, los cuales se programaron con una periodicidad de 6 (seis) años, iniciando en el año 2029.

- Reparación de parapetos metálicos

Esta actividad se realizará cuando sea necesario reparar piezas, elementos o tramos completos de los parapetos metálicos debido a impactos vehiculares, con el fin de restituir las condiciones originales de estos elementos.

Los materiales que utilizar para la reparación de los parapetos metálicos deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales de construcción.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Las reparaciones a los parapetos metálicos derivada del tipo de parapeto que se consideró para las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron ciertos kilogramos de acero estructural (kg) a reparar en este tipo de elementos, los cuales se programaron con una periodicidad de 6 (seis) años, iniciando en el año 2029.

- Reparación de banquetas y guarniciones de concreto hidráulico.

Es el conjunto de actividades para reparar tramos de banquetas o guarniciones que presenten cierto deterioro o daños provocados por el tránsito vehicular, así como daño en los elementos como puede ser su concreto hidráulico o acero expuesto.

Dentro de los materiales que pudieran ser utilizados son morteros, concretos convencionales y morteros a base de resinas sintéticas. El concreto que se utilizará deberá ser de resistencia similar al del concreto del parapeto que se repara.

Se debe de considerar de igual manera la adherencia entre el concreto existente y el nuevo de la reparación pudiendo emplear compuestos que brinden una adhesión superior a la resistencia propia del concreto.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Las reparaciones a las guarniciones y banquetas que se consideraron para las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron de un porcentaje de la totalidad del volumen de estos elementos a reparar, los cuales se programaron con una periodicidad de 6 (seis) años, iniciando en el año 2027.

- Reconstrucción de parapetos de concreto hidráulico

Estos trabajos se refieren a lo necesario para reponer o rehabilitar parcialmente un parapeto que presenten deterioros o daños, provocados por impactos.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para las reconstrucciones de los parapetos de concreto hidráulico, derivada del tipo de parapeto que se consideró para las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron ciertas longitudes a reconstruir de este tipo de elementos, en el supuesto que estos presenten un mayor deterioro que amerite su reconstrucción, los cuales se programaron con una periodicidad de 10 (diez) años, iniciando en el año 2027.

- Reconstrucción de parapetos metálicos

Estos trabajos se refieren a lo necesario para reponer o rehabilitar parcialmente un parapeto que presenten deterioros o daños, provocados por impactos o corrosión de los elementos metálicos.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para las reconstrucciones de los parapetos metálicos, derivada del tipo de parapeto que se consideró para las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron ciertas longitudes a reconstruir de este tipo de elementos, en el supuesto que estos presenten un mayor deterioro que amerite su reconstrucción, los cuales se programaron con una periodicidad de 10 (diez) años, iniciando en el año 2027.

- Reconstrucción de guarniciones de concreto hidráulico

Estos trabajos se refieren a lo necesario para reponer o rehabilitar parcialmente una guarnición o banqueta que presenten deterioros o daños, provocados por impactos.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para las reconstrucciones de las guarniciones y banquetas que se encuentran en las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron ciertas longitudes a reconstruir de este tipo de elementos, en el supuesto que estos presenten un mayor deterioro que amerite su reconstrucción, los cuales se programaron con una periodicidad de 10 (diez) años, iniciando en el año 2032.

- Suministro y aplicación de pintura vinílica en guarniciones

Esta actividad se refiere al repintado de las guarniciones de concreto hidráulico, con el propósito de protegerla a agentes de deterioro.

Los materiales por utilizar para el repintado de guarniciones deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales de construcción.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la aplicación de pintura vítica en las guarniciones y banquetas que se encuentran en las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron los metros cuadrados (m<sup>2</sup>) que pudieran presentar cierto deterioro en su pintura que amerite su repintado, los cuales se programaron con una periodicidad de 5 (cinco) años, iniciando en el año 2029.

- Suministro y aplicación de pintura vítica en elementos de concreto.

Esta actividad se refiere al repintado de los elementos de concreto hidráulico, se refiere al pintado del parapeto metálico, con el propósito de proteger a este, así como identificación de este.

Los materiales que utilizar para el repintado de deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales de construcción.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la aplicación de pintura vítica en elementos de concreto se refiere específicamente a la pintura en los parapetos de concreto hidráulico, que se encuentran en las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron los metros cuadrados (m<sup>2</sup>) que pudieran presentar cierto deterioro en su pintura que amerite su repintado, los cuales se programaron con una periodicidad de 5 (cinco) años, iniciando en el año 2029.

- Suministro y aplicación de pintura de protección anticorrosiva en parapetos metálicos.

Esta actividad se realizará cuando sea necesario repintar tramos completos del parapeto metálico en puentes peatonales, con el propósito de proteger a la estructura metálica. Esta especificación se aplica en superficies que presenten áreas con corrosión severa, corrosión con laminaciones y picaduras y donde la pintura haya perdido adherencia.

Los materiales por utilizar para el repintado de estructuras metálicas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales de construcción.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la aplicación de pintura anticorrosiva en parapetos metálicos que se encuentran en las estructuras como lo son Pasos Inferiores Vehiculares y Puentes, se estimaron los metros cuadrados (m<sup>2</sup>) que pudieran presentar cierto deterioro en su pintura que amerite su repintado, los cuales se programaron con una periodicidad de 5 (cinco) años, iniciando en el año 2029.

- Fresado y reposición de carpeta asfáltica en PIVs.

Esta actividad se refiere a los trabajos para reparar desprendimientos y otros deterioros localizados en la capa de rodadura asfáltica de los PIV (Paso Inferior Vehicular), también aplica a la reposición total de la capa de rodadura de la estructura.

Los materiales para utilizar para la reposición de la carpeta asfáltica deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones generales de construcción.

Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos empleados en la elaboración de la carpeta asfáltica se mezclarán con el proporcionamiento necesario para tener una mezcla homogénea, determinado tal mediante un diseño de mezclas asfálticas en caliente, aplicando el método de diseño que establezca el proyecto.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

- Se consideró para estos trabajos realizarlos en el área total de la calzada de los Puentes Inferiores Vehiculares, con una periodicidad de diez años con el propósito de corregir el deterioro en la superficie de rodamiento en las estructuras.

#### 6.2.2.4 Obras de Drenaje y Complementarias

En esta actividad se contemplan trabajos de reparación mayor en obras de drenaje, reconstrucción de cunetas, contracunetas, canales revestidos, bordillos y lavaderos de concreto hidráulico.

- Reconstrucción de cunetas de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la reconstrucción de cunetas que presenten un estado inaceptable, así como daños parciales ocasionados por oquedades, socavaciones, erosión en la superficie del zampeado, entre otros, con la finalidad de restituir las condiciones a lo que fueron construidas, cuidando que el procedimiento de ejecución se ajuste.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Los trabajos de reconstrucción de cunetas se han considerado realizar con una periodicidad de 7 (siete) años, iniciando en el año 2032, las cantidades estimadas se definieron con base al porcentaje total de los metros lineales de cunetas existentes.

- Suministro y aplicación de pintura en cunetas de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de las cunetas de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía, se consideró intervenir cada 7 (siete) años durante la duración del proyecto.

- Reconstrucción de contracunetas de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la reconstrucción de contracunetas que presenten un estado inaceptable, así como daños parciales ocasionados por oquedades, socavaciones, erosión en la superficie del zampeado, entre otros, con la finalidad de restituir las condiciones a lo que fueron construidas, cuidando que el procedimiento de ejecución se ajuste.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Los trabajos de reconstrucción de contracunetas se han considerado realizar con una periodicidad de 10 (diez) años, iniciando en el año 2033, las cantidades estimadas se definieron con base al porcentaje total de los metros lineales de contracunetas existentes.

- Suministro y aplicación de pintura en contracunetas de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de las contracunetas de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía, se consideró intervenir cada 10 (diez) años durante la duración del proyecto.

- Reconstrucción de bordillos de concreto hidráulico

Son las actividades necesarias para remplazar los bordillos, cuando esté justificada su permanencia mediante una evaluación previa, con el propósito de restituir las condiciones originales del elemento.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Los trabajos de reconstrucción de bordillos se han considerado realizar con una periodicidad de 7 (siete) años, iniciando en el año 2032, las cantidades estimadas se definieron con base al porcentaje total de los metros lineales de bordillos existentes.

- Suministro y aplicación de pintura en bordillos de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de los bordillos de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía, se consideró intervenir cada 5 (cinco) años durante la duración del proyecto.

- Reconstrucción de canales revestidos

Esta actividad se refiere a la reconstrucción de canales revestidos que presenten un estado inaceptable, así como daños parciales ocasionados por oquedades, socavaciones, erosión en la superficie del zampeado, entre otros, con la finalidad de restituir las condiciones a lo que fueron construidas, cuidando que el procedimiento de ejecución se ajuste.

Los trabajos antes descritos se consideraron para la carretera Amozoc - Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Los trabajos de reconstrucción de contracunetas se han considerado realizar con una periodicidad de 10 (diez) años, iniciando en el año 2033, las cantidades estimadas se definieron con base a una fracción del total de los metros lineales de contracunetas existentes.

- Suministro y aplicación de pintura en canales revestidos

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de los lavaderos de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía, se consideró intervenir cada 10 (diez) años durante la duración del proyecto.

- Reconstrucción de lavaderos de concreto hidráulico

Son las actividades que se realizan para reparar deterioros como grietas, oquedades y socavaciones en plantilla y apoyos de los lavaderos, con el propósito de restablecer las condiciones originales de operación de la obra de drenaje.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Los trabajos de reconstrucción de lavaderos se han considerado realizar con una periodicidad de 7 (siete) años, iniciando en el año 2032, las cantidades estimadas se definieron con base al porcentaje total de los metros lineales de lavaderos existentes.

- Suministro y aplicación de pintura en lavaderos de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la aplicación de pintura, para recubrir la superficie de los lavaderos de concreto hidráulico, con el fin de indicar su presencia ante los usuarios de la vía, se consideró intervenir cada 7 (siete) años durante la duración del proyecto.

- Reparación mayor en alcantarillas de concreto hidráulico de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a los trabajos de reparación mayor en obras de drenaje de cualquier tipo, con el propósito de mejorar sus condiciones físicas, tales como reparar deterioros, como grietas, oquedades, socavaciones en el fondo del cauce y erosión de la superficie del zampeado, con el propósito de restituir las condiciones originales de operación.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como para el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la estimación de estos trabajos se tomó en consideración un porcentaje del total de los metros lineales de las alcantarillas tanto circulares como de sección rectangular, los trabajos de realizar reparaciones mayores a alcantarillas por presencia de daños importantes se consideró que podría presentarse cada 15 (quince) años, iniciando en el año 2029.

- Resanes en elementos estructurales de concreto (aleros, losas y muros)

En esta actividad se contempla la degradación de aleros, muros de cabeza, losas y muros que presenten un deterioro importante, ya sea por la acción del agua o cualquier otro elemento que deba repararse, considerando que el procedimiento sea el correcto.

Los materiales por utilizar para la reparación deberán ser los indicados en proyecto, cumpliendo con lo establecido en normativa y con las características tales que permitan la adherencia entre el concreto existente y el nuevo de la reparación pudiendo emplear morteros o productos especiales que brinden una adhesión superior a la resistencia propia del concreto.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la estimación de estos trabajos se estimaron ciertos decímetros cúbicos (dm<sup>3</sup>) a reparar en elementos de las obras de drenaje como los son, aleros, muros cabezotes y muros en las obras tanto con sección circular como rectangular, los trabajos de resane se consideraron realizarlos cada 7 (siete) años, iniciando en el año 2033.

- Renivelaciones de cunetas de concreto hidráulico

Esta actividad se refiere a la renivelación de las cunetas de concreto hidráulico, cuando estas quedan por debajo del nivel del hombro de la carpeta, presentando con un desnivel considerable, se considera realizar esta renivelación en los trabajos de pavimentación donde se está considerando una sobrecarpeta que implica cambio de rasante.

#### 6.2.2.5 Señalamiento vertical y horizontal

Esta actividad contempla la reposición del señalamiento vertical bajo y alto, el repintado de rayas continuas, dobles, símbolos, marcas, además de la sustitución de vialetas.

- Reposición de señalamiento vertical bajo

Esta actividad se refiere al conjunto de actividades para reponer las señales verticales bajas, cuando hayan perdido su capacidad de retrorreflexión o han sufrido algún daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

Los materiales y señales que se utilicen para su reposición deberán cumplir con lo indicado en normativa, sobre todo en la calidad de su película reflejante.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

La reposición del señalamiento vertical bajo de tipo restrictivo (SR), preventivo (SP), turístico y de servicio (DTS), informativo de identificación (SII), informativo de destino (SID), informativo de recomendación (SIR), de información general (SIG) y señales diversas tipo (OD), se estimó una reposición de este tipo de señales, con base a un porcentaje del total de señales existentes y obtenida de los inventarios proporcionados, esta actividad se programó con una periodicidad de cada siete años, alternando el inicio de estos trabajos en los años 2027 y 2029.

- Reposición de señalamiento vertical elevado

Esta actividad se refiere al remplazo parcial o total de señales verticales altas cuando éstas ya han perdido su capacidad de retrorreflexión (por vida útil) o han sufrido algún daño, con el propósito de continuar brindando seguridad al usuario en cuanto al señalamiento se refiere.

Los materiales y señales que se utilicen para su reposición deberán cumplir con lo indicado en normativa, sobre todo en la calidad de su película reflejante.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc- Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

La reposición del señalamiento vertical alto de destino tipo SID-13, SID-14 y SID-15 (SR), se estimó con base a un porcentaje del total de señales existentes y obtenida de los inventarios proporcionados, esta actividad se programó con una periodicidad de cada seis años, iniciando en el año 2027.

- Suministro y colocación de indicadores de alineamiento

Esta actividad se refiere a la reposición de los indicadores de alineamiento, cuando estos se hayan perdido por trabajos de conservación periódica, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, realizando la reposición de los indicadores de alineamiento en los tramos considerados a intervenir en la conservación periódica del pavimento.

- Suministro y aplicación de pintura base agua

Son el conjunto de actividades que se realizan para rehabilitar las rayas sobre el pavimento. con el propósito de delinear las características geométricas de la calzada, así como para regular y canalizar el tránsito de vehículos, manteniendo información visual a los usuarios, estos trabajos se realizarán posterior a cada intervención de tendido en carpeta asfáltica o cuando el señalamiento presenta deterioro.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, realizando la reposición del señalamiento horizontal en los tramos considerados a intervenir en la conservación periódica del pavimento.

- Suministro y aplicación de botones reflejantes

Esta actividad se refiere al suministro y aplicación de botones reflejantes cuando estos se hayan perdido debido a los trabajos de conservación periódica, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere; esta actividad incluye la remoción e instalación de estos en los tramos trabajados únicamente en la conservación periódica del pavimento.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, realizando la reposición del señalamiento horizontal en los tramos considerados a intervenir en la conservación periódica del pavimento.

- Colocación de alertadores de salida de la vialidad

Los alertadores de salida de la vialidad (OD-10.3) son vibradores que actualmente en la Autopista Amozoc-Perote se encuentra en la línea separadora de sentidos de circulación, con el propósito de provocar vibraciones y un efecto sonoro en el vehículo que los atraviesa o circula sobre ellos, para avisar al conductor que está abandonando el arroyo vial, dicha actividad se consideró realizar los primeros tres años a partir de 2024, colocando está en la totalidad del tramo de Amozoc - Perote.

- Reposición de alertadores de salida de la vialidad

La reposición de los alertadores de la vialidad partió de la actividad anterior, suponiendo que estos elementos se encuentren a lo largo de todo el tramo se deberán reponer los mismo cuando se consideren trabajos de conservación periódica en el pavimento.

- Reposición de banda de estruendo

La banda de estruendo es un dispositivo que se encuentra actualmente en los acotamientos tanto externo como interno del Libramiento Perote, las cuales tienen como propósito provocar vibraciones y un efecto sonoro en el vehículo que circula sobre ellos, de esa forma avisa oportunamente al conductor que está abandonando el camino y que así pueda rectificar su trayectoria.

Dicho elemento se consideró ser repuesto de igual manera cuando se presenten trabajos de conservación periódica en el pavimento que pudieran ser afectados por estos.

#### 6.2.2.6 *Dispositivos diversos*

Son las actividades propuestas para mantener en condiciones óptimas de seguridad la autopista, tales como, la instalación de una fracción de defensa metálica, la restitución de segmentos deteriorados o dañados de barrera de concreto.

- Sustitución de defensa metálica de dos crestas por tres crestas

Con la finalidad de continuar brindando una mayor seguridad a los usuarios, así como actualizando los elementos de dispositivos diversos de acuerdo con la normativa actual, se consideró sustituir la defensa metálica de dos crestas a tres crestas en un periodo de cuatro años iniciando en el año 2024 y concluyendo en el año 2028

- Reposición de defensa metálica de dos y tres crestas

Los trabajos de reposición parcial o total de defensas metálicas se realizarán en los tramos que presenten deterioros o daños provocados por impactos o corrosión, entre otros, dichas actividades pueden incluir el cambio de piezas terminales, elementos de fijación o el reemplazo de secciones

completas de la defensa (incluidos postes y elementos de sujeción), todo esto con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

Todo material utilizado en la reposición de defensas metálicas será del mismo tipo y sección de las defensas originales y cumplirán con lo establecido en normativa.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la reposición de defensa metálica se ha considerado que estos se realicen con una periodicidad de 7 (siete) años, partiendo en el año 2033, y la cantidad estimada fue considerando un porcentaje del total de la longitud de las defensas metálicas.

- Reposición de terminal cola de pato

Esta actividad se refiere a la reposición de terminales cola de pato, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la reposición de secciones terminales cola de pato se ha considerado que estos se realicen con una periodicidad de 8 (ocho) años, partiendo en el año 2031, y la cantidad estimada fue considerando un porcentaje del total de piezas existentes actualmente, obtenida de los inventarios otorgados.

- Reposición de sección extrema de amortiguamiento en defensas metálicas

Esta actividad se refiere a la reposición de secciones extremas de amortiguamiento en defensas metálicas, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la reposición de secciones externa de amortiguador de impacto en defensas metálicas se ha considerado que estos se realicen con una periodicidad de 7 (siete) años, partiendo en el año 2032, y la cantidad estimada fue considerando un porcentaje del total de piezas existentes actualmente, obtenida de los inventarios otorgados.

- Reposición de amortiguador de impacto en bifurcación

Esta actividad se refiere a la reposición de secciones extremas de amortiguamiento en defensas metálicas, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la reposición de secciones terminales cola de pato se ha considerado que estos se realicen con una periodicidad de 10 (diez) años, partiendo en el año 2032, y la cantidad estimada fue considerando un porcentaje del total de piezas existentes actualmente, obtenida de los inventarios otorgados.

- Reposición de postes de defensa metálica

Esta actividad se refiere a la reposición de secciones extremas de amortiguamiento en defensas metálicas, cuando estos se hayan sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere

Los trabajos antes descritos se consideraron tanto para la carretera Amozoc - Perote, como el Libramiento Perote, tomando las siguientes consideraciones:

Para la reposición de secciones externa de amortiguador de impacto en defensas metálicas se ha considerado que estos se realicen con una periodicidad de 8 (ocho) años, partiendo en el año 2031, y la cantidad estimada fue considerando un porcentaje del total de piezas existentes actualmente, obtenida de los inventarios otorgados.

#### 6.2.2.7 Iluminación

Se refiere específicamente al concepto de reposición de luminarias a lo largo de la carretera, así como en las plazas de cobro y túnel durante la concesión.

- Reposición de luminarias

Es el conjunto de actividades que se realizan para el cambio y/o sustitución total de luminarias a lo largo de la autopista durante la concesión.

Para la estimación de la reposición de luminarias se consideró un porcentaje del total de luminarias existentes actualmente y obtenido del inventario otorgado, tanto en las plazas de cobro como en el interior del túnel, realizando una reposición con una periodicidad de cada 6 (seis) años.

- Reposición de luminarias incluyendo su poste

Es el conjunto de actividades que se realizan para el cambio y/o sustitución total de luminarias a lo largo de la autopista durante la concesión.

Para la estimación de la reposición de luminarias se consideró un porcentaje del total de luminarias existentes actualmente y obtenido del inventario otorgado, exclusivamente en las plazas de cobro, realizando la reposición con una periodicidad de cada 15 (quince) años en la Autopista Amozoc - Perote y cada 10 (diez) en el Libramiento Perote.

- Mantenimiento a transformadores

Es el conjunto de actividades que se realizan para el cambio y/o sustitución total de luminarias a lo largo de la autopista durante la concesión.

El mantenimiento a transformadores se ha considerado realizar cada 10 (diez) años iniciando en el año 2033, dando mantenimiento a los ocho transformadores que existen actualmente.

- Reposición del cableado en luminarias del túnel

Es el conjunto de actividades que se realizan para el cambio y/o sustitución total de luminarias a lo largo de la autopista durante la concesión, estos trabajos se han considerado realizar cada 15 (quince) años la reposición total del cableado.

#### 6.2.2.8 Edificaciones

Se refiere a las actividades para la conservación de las edificaciones utilizadas por el personal de la Concesionaria, personal de seguridad, auxilio vial y servicios conexos, a lo largo de la operación de la Autopista y el Libramiento, para brindar comodidad a los usuarios durante su viaje.

- Mantenimiento de exteriores

Es el conjunto de actividades que se realizan para mantener limpias las áreas comunes de Casetas de Cobro y Edificaciones.

- Instalación eléctrica

Es el conjunto de actividades de revisión y reposición de la instalación eléctrica de todas las edificaciones consideradas.

- Instalación hidrosanitaria

Es el conjunto de actividades de revisión y reposición de la instalación hidrosanitaria de todas las edificaciones consideradas.

- Cabinas y Marquesinas

Es el conjunto de actividades para el recambio de materiales de recubrimiento de marquesinas y cabinas, así como el cambio de piso falso en estas últimas.

- Pisos de Edificaciones

Es el conjunto de actividades para la sustitución de pisos de loseta de todas las edificaciones consideradas.

- Rejillas pluviales

Es el conjunto de actividades para la sustitución de rejillas pluviales para evitar encharcamientos en los carriles de Casetas de Cobro.

- Aire acondicionado

Es el conjunto de actividades para la sustitución de aires acondicionados en cabinas de cada Caseta de Cobro y en edificaciones.

- Sanitarios

Es el conjunto de actividades para la sustitución de muebles de baño y su cancelería de edificaciones y servicios conexos.

- Interiores de Edificaciones

Es el conjunto de actividades para la sustitución de plafones, techos y cancelerías de las áreas interiores en las todas las edificaciones consideradas.

- Módulo de Policía

Es el conjunto de actividades para la sustitución de recubrimiento de Alucobond del módulo de policía.

#### 6.2.2.9 Estudios y supervisión

- Auscultación de pavimentos

Los estudios al pavimento servirán para evaluar anualmente el estado actual de estos y con ello programar específicamente los trabajos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, esta auscultación que se propone incluye la determinación de los siguientes indicadores:

- Índice de Regularidad Internacional (IRI)

- Macrotextura
- Coeficiente de fricción
- Deterioros superficiales
- Profundidad de rodera
- Determinación de deflexiones
- Estudio y proyecto de estabilidad de taludes

Lo que corresponde al estudio de taludes, se refiere a que cada 15 (quince) años se programó realizar dicho estudio para evaluar la condición que presenten los taludes y en caso de que alguno de ellos presente en estos resultados un hallazgo importante en estos, considerar la realización del estudio de solución a lo encontrado.

- Estudio y revisión de estructuras

Los estudios a las estructuras se están programando realizarlos cada 15 (quince) años para la Autopista Amozoc-Perote y cada 8 (ocho) años para el Libramiento Perote., con la finalidad de analizar el estado en que se encuentren las estructuras y con la finalidad de que, si alguna de ellas requiere una intervención mayor, analizar el proyecto de solución. Dicho estudio se estimó consiste en lo siguiente:

- Inspección y evaluación en campo de estructuras.
- Reporte fotográfico a detalle de condición actual en que se encuentra cada estructura.
- Verificación del estado actual de los distintos elementos que conformen la estructura.
- Reporte de inspección mediante metodología SIAP o SIPUMEX.
- Informe final a manera de resumen de lo observado con conclusiones y recomendaciones.
- Estudio de señalamiento para actualización de este

Conforme se presenten actualizaciones a la normativa, se consideró realizar un estudio del señalamiento para evaluar si este cumplirá con la establecido en la normativa vigente en los años del proyecto, por lo que se consideró realizar una evaluación a este cada quince años para la Autopista Amozoc-Perote y cada diez años para el Libramiento Perote.

### 6.3 PROGRAMA DE OPERACIÓN

La estimación del Programa de Operación tiene la particularidad que este asesor lo desarrolló diferenciando en el OPEX partidas como “Concesionaria”, “Operación”, “Mantenimiento menor” (descrita en el apartado de conservación rutinaria), “Telepeaje” y “Servicios”, mientras que en CAPEX se consideraron las partidas de “Equipamiento” y “Edificaciones” (descritas en el apartado de conservación periódica), sin embargo, a continuación se describen las consideraciones para la estimación del programa de operación OPEX para asegurar la continuidad del servicio de la vía y encaminadas a mantenerla en condiciones adecuadas a lo largo de cada año del periodo de la Concesión.

Se hace la aclaración, que debido a las particularidades que se presenta dentro de la operación de los activos carreteros, para la elaboración de los programas de operación presentados se consideraron contratos y plantillas compartidos por la Concesionaria tales la flotilla vehicular de

operación y conservación, organigrama actual y contrato de Leasing de Peaje, ITS y su respectivo mantenimiento preventivo.

### 6.3.1 Infraestructura

La infraestructura considerada para la estimación del Programa de Operación se describe a continuación:

- Plazas de Cobro: se tomaron en cuenta cuatro plazas de cobro troncales (Amozoc, Cuapiaxtla, Cantona, Libramiento Perote) incluyendo casetas de cobro auxiliares (Cuapiaxtla y Cantona) y casetas de cobro temporales (Audi), teniendo en total cuarenta y cuatro (44) carriles en operación con equipo de Peaje y Telepeaje.
- Edificios de Operación: en estos edificios se contempla la ejecución del personal operativo de la Autopista y Libramiento Perote para la correcta operación de los activos carreteros, a continuación, se enlistan los edificios considerados por Plaza de Cobro:
  - Plaza de Cobro Amozoc
    - Edificio de control
    - Talleres
    - Servicios conexos
  - Plaza de Cobro Cuapiaxtla
    - Edificio de control administrativo y de servicios
    - Edificio de control de operaciones
    - Edificio de mantenimiento
    - Módulo de la Guardia Nacional
  - Plaza de Cobro Cantona
    - Edificio de control
    - Talleres
    - Servicios conexos
  - Plaza de Cobro Libramiento Perote
    - Edificio de control
    - Bodega
    - Servicios conexos

### 6.3.2 Vehículos, mantenimiento y combustibles

A continuación, se presentan los vehículos contemplados para prestar las actividades de operación en la vialidad, flotilla que fue proporcionada por GANA:

Tabla 25 Flotilla de vehículos de la Operadora

Flotilla de Vehículos de la Operadora		
Área	Cantidad	Tipo de Vehículo
Auxilio Vial	5	Camionetas Pick-up de 1 a 1 ½ Ton
Operación	10	Camionetas tipo Van
Calidad	2	Camionetas Pick -up ½ Ton
Conservación	11	Camionetas Pick-up de 1 a 4 Ton Camionetas tipo Van

<b>TI</b>	2	Camionetas Pick -up ½ Ton
<b>E-Tolling</b>	1	Camionetas Pick -up ½ Ton
<b>Mantenimiento Mayor</b>	4	Camioneta utilitaria Camionetas Pick -up ½ Ton
<b>Sostenibilidad</b>	1	Camionetas Pick -up ½ Ton

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para el análisis se consideró todos los vehículos como nuevos 2024, con características similares necesarias para cada uso de acuerdo con el área asignada, y de acuerdo con la información proporcionada por GANA.

Así mismo se considera el consumo de combustible en el entendido que se podría utilizar para actividades constantes dentro y fuera de la Autopista y Libramiento, además un costo por mantenimiento y gastos inherentes mensuales por vehículo (seguros y tenencias), además se considera un fondo para reparaciones menores de los mismos mensualmente.

### 6.3.3 Personal

La plantilla actual con la que opera la Concesión también fue proporcionada por GANA y que de acuerdo con su posición en el organigrama se consideraron de la siguiente manera:

Tabla 26 Plantilla operando en la Concesión

<b>Posición</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Director</b>	2
<b>Gerente</b>	2
<b>Líder de área</b>	6
<b>Coordinador</b>	2
<b>Especialista</b>	5
<b>Jefe de área</b>	28
<b>Administrador</b>	3
<b>Analista</b>	17
<b>Asistente</b>	9
<b>Oficial</b>	15
<b>Operador</b>	57
<b>Técnico</b>	3
<b>Auxiliar y Conductor</b>	34
<b>Cajero</b>	82
<b>Total</b>	265

Fuente: Elaboración propia, 2024

#### 6.3.4 Materiales

Con respecto a la Operación es necesario la ejecución de diversas actividades las cuales se necesitan materiales inherentes de uso cotidiano por parte del personal operativo y que a continuación, se mencionan las consideraciones estimadas:

- Para mantener el aforo y clasificación de los vehículos se considera un stock de refacciones para los equipos en carriles en caso de falla o algún siniestro, además de su mantenimiento preventivo mensual en temas de Gestión de Peaje y Telepeaje.
- Se considera un gasto estimado de artículos inherentes a papelería mensualmente en cada Plaza de Cobro y edificación.
- El suministro de rollos para impresión de tickets de peaje también se consideró dentro de un estimado mensual.
- Se consideró el suministro de uniformes dos veces por año para los integrantes del personal operativo, más un stock en caso de personal de nuevo ingreso.
- En cuanto a el pago de servicios básicos (agua, luz, teléfono y celulares), se considera un presupuesto con base en la experiencia de otros proyectos.
- Para la recolección y depósito de los ingresos por peaje, se estimó un egreso por Servicios de traslados de valores, fue considerado con base en la experiencia de otras autopistas.
- Para cada Plaza de Cobro con sus respectivas edificaciones se considera un Servicio de vigilancia de las instalaciones.
- Como parte de la información proporcionada por GANA, también se incluye en este apartado la consideración del contrato de Leasing de equipo de Peaje, Telepeaje, ITS y fibra óptica conforme a la erogación que presentaron en el contrato.

## **7 PROGRAMAS DE EROGACIONES**

### **7.1 EGRESOS POR CONSERVACIÓN RUTINARIA Y SERVICIOS DE INGENIERO INDEPENDIENTE (MANTENIMIENTO MENOR)**

El presente programa se presenta en el Anexo 4.

### **7.2 EGRESOS POR CAPEX (CONSERVACIÓN PERIÓDICA, EDIFICACIONES Y EQUIPAMIENTO)**

El presente programa se presenta en el Anexo 5.

### **7.3 EGRESOS DE OPERACIÓN**

El presente programa se presenta en el Anexo 6.

A continuación, se muestran en las tablas 26 y 27, el resumen de los costos OPEX y CAPEX a lo largo del proyecto:

Tabla 27 Resumen OPEX (Cantidades expresadas en millones de pesos)

Año	Generales Concesionaria	Operación	Mantenimiento Menor	Telepeaje	Prestación de Servicios PR	Total
2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2024	70.67	154.45	45.14	28.00	22.57	320.83
2025	70.67	154.45	45.04	29.06	22.57	321.80
2026	70.67	154.45	44.80	30.10	22.57	322.59
2027	70.67	154.45	45.62	31.05	22.57	324.35
2028	70.67	154.45	45.35	32.09	22.57	325.13
2029	70.67	154.45	45.58	33.16	22.57	326.43
2030	70.67	154.45	45.00	34.25	22.57	326.95
2031	70.67	154.45	45.29	35.31	22.57	328.29
2032	70.67	154.45	45.74	36.39	22.57	329.82
2033	70.67	154.45	45.85	37.41	22.57	330.95
2034	70.67	154.45	45.32	38.47	22.57	331.48
2035	70.67	154.45	45.21	39.57	22.57	332.47
2036	70.67	154.45	45.68	40.75	22.57	334.12
2037	70.67	154.45	46.00	41.86	22.57	335.55
2038	70.67	154.45	45.78	42.99	22.57	336.45
2039	70.67	154.45	45.81	44.15	22.57	337.65
2040	70.67	154.45	45.78	45.37	22.57	338.84
2041	70.67	154.45	45.26	46.52	22.57	339.48
2042	70.67	154.45	45.15	47.73	22.57	340.57
2043	70.67	154.45	45.62	48.97	22.57	342.28
2044	67.66	138.94	45.23	47.02	22.57	321.42
2045	67.66	138.94	45.21	48.17	22.57	322.56
2046	67.66	138.94	44.79	49.40	22.57	323.36
2047	67.66	138.94	45.51	50.64	22.57	325.32
2048	67.66	138.94	45.24	52.02	22.57	326.43
2049	67.66	138.94	45.11	53.30	22.57	327.58
2050	67.66	138.94	45.43	54.69	22.57	329.29
2051	67.66	138.94	45.73	56.06	22.57	330.97
2052	67.66	138.94	45.89	57.48	22.57	332.54
2053	67.66	138.94	45.71	58.78	22.57	333.66
2054	67.66	138.94	45.58	60.24	22.57	334.99
2055	67.66	138.94	45.15	61.74	22.57	336.06
2056	67.66	138.94	45.49	63.34	22.57	338.00
2057	67.66	138.94	45.54	64.86	22.57	339.57
2058	67.66	138.94	45.07	66.49	22.57	340.72
2059	67.66	138.94	45.34	68.16	22.57	342.66
2060	67.66	138.94	45.85	69.93	22.57	344.95
2061	67.66	138.94	45.87	71.63	22.57	346.66
2062	67.66	138.94	45.40	73.43	22.57	348.00
2063	67.66	138.94	45.73	75.28	22.57	350.18
<b>Total</b>	<b>2,766.70</b>	<b>5,867.92</b>	<b>1,817.87</b>	<b>1,965.85</b>	<b>902.63</b>	<b>13,320.96</b>

Elaboración propia, 2024

Tabla 28 Resumen CAPEX (Cantidades expresadas en millones de pesos)

Año	Equipamiento	Pavimentos	Estructuras	Drenaje	Señalización	Edificación	Taludes	Luminarias	Estudios y Supervisión	MMC	Total, por año
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
2024	-	118.2	-	-	22.5	3.6	-	-	8.7	73.0	225.9
2025	9.2	174.0	-	-	18.1	2.1	-	-	13.4		216.8
2026	0.4	156.8	-	-	15.1	4.0	-	-	11.8		188.1
2027	0.1	49.4	42.8	-	34.9	7.5	-	1.1	9.3		145.2
2028	2.5	136.0	-	-	6.2	4.6	-	-	10.1		159.3
2029	-	81.0	5.5	7.6	5.9	4.2	9.1	-	11.5		124.9
2030	3.1	115.9	-	6.9	10.2	3.1	-	-	9.5		148.7
2031	0.4	78.5	-	3.3	8.5	1.1	-	-	6.7		98.6
2032	5.9	24.5	20.0	13.9	15.5	1.6	-	8.2	6.6		96.2
2033	2.8	16.3	4.8	1.4	13.6	3.5	-	1.3	3.8		47.5
2034	-	61.3	0.4	1.4	6.8	4.9	-	-	5.7		80.4
2035	3.1	64.1	2.7	4.6	5.5	4.0	-	-	6.2		90.1
2036	0.4	54.7	5.1	-	1.5	2.6	-	-	5.1		69.4
2037	0.1	-	33.0	1.8	1.3	1.8	9.1	-	5.7		52.8
2038	2.5	22.5	-	-	1.2	2.2	36.3	0.3	5.9		70.9
2039	5.8	36.8	7.7	7.1	14.4	2.9	-	1.1	5.7		81.5
2040	3.1	64.9	-	0.8	13.6	5.0	-	-	6.4		93.7
2041	0.8	47.0	2.7	-	7.4	4.0	-	-	4.9		66.7
2042	0.1	60.8	20.0	2.3	7.3	7.1	-	0.6	7.1		105.3
2043	2.5	24.2	-	0.6	2.9	2.0	-	0.2	3.1		35.6
2044	-	118.9	0.3	6.8	2.8	2.2	-	0.2	11.2		142.3
2045	3.1	151.5	7.3	-	2.9	1.4	6.6	1.1	11.4		185.1
2046	6.3	193.8	-	5.7	12.6	1.7	-	-	14.1		234.2
2047	0.1	111.3	25.8	2.0	13.0	2.9	-	7.3	10.7		173.1
2048	2.5	166.5	-	-	5.0	3.9	-	-	11.6		189.5
2049	0.3	193.4	2.2	-	4.5	5.1	-	-	13.3		218.8
2050	3.1	123.6	-	-	2.1	2.3	-	0.2	8.8		140.1
2051	0.4	60.9	3.9	-	1.0	1.0	-	1.1	5.0		73.3
2052	0.1	25.8	15.1	1.8	3.5	2.3	-	-	3.9		52.3
2053	8.3	18.4	1.9	6.3	11.5	1.0	37.1	0.2	6.5		91.2
2054	-	26.8	3.7	0.7	10.1	3.4	-	-	3.6		48.2
2055	3.1	88.7	-	-	7.1	3.8	-	-	7.1		109.7
2056	0.4	32.8	-	-	1.9	4.1	-	0.2	3.3		42.8
2057	0.4	29.4	27.8	1.3	1.7	4.5	-	1.1	4.9		71.1
2058	2.5	59.6	-	-	3.4	1.5	-	-	5.0		72.0
2059	-	42.3	4.1	6.8	4.6	2.9	-	-	6.4		67.2

Año	Equipamiento	Pavimentos	Estructuras	Drenaje	Señalización	Edificación	Taludes	Luminarias	Estudios y Supervisión	MMC	Total, por año
<b>2060</b>	8.9	9.8	-	5.7	8.8	1.8	-	-	3.0		<b>38.0</b>
<b>2061</b>	0.4	8.6	-	0.7	10.3	2.9	6.6	-	2.7		<b>32.3</b>
<b>2062</b>	0.1	38.6	15.1	1.8	7.6	3.9	-	7.5	5.4		<b>79.9</b>
<b>2063</b>	2.5	-	7.3	0.6	0.5	3.5	-	1.3	1.9		<b>17.4</b>
<b>Total</b>	<b>85.0</b>	<b>2,887.5</b>	<b>258.9</b>	<b>91.8</b>	<b>327.2</b>	<b>127.7</b>	<b>104.9</b>	<b>33.1</b>	<b>287.0</b>	<b>73.0</b>	<b>4,276.2</b>

Elaboración propia, 2024

## 8 COMPARATIVA DE PROGRAMA DE EROGACIONES OPEX

En los siguientes cuadros de texto, se muestran la comparativa en cuanto a consideraciones del programa de erogaciones del OPEX por partidas desde 2023 y hasta 2063, considerando que en el año 2043 se concluye la Concesión del Libramiento de Perote:

- Concesionaria

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Gastos de personal Gastos de viaje y representación Arrendamientos y mantenimiento de oficinas Telefonía, papelería y consumibles Primas de seguros Vehículos, Equipo de Operación y combustibles	Gastos de personal Gastos de viaje y locomoción Alquileres y funcionamiento de oficinas Primas de seguros Tributos Comunicaciones, suscripciones, publicidad y propaganda Otros gastos
<b>\$2,766.70 MDP</b>	<b>\$3,167.76 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

El costo de erogaciones estimada por CyM para la partida de Concesionaria, a partir de 2044 tiende a disminuir por el termino de Concesión del Libramiento Perote, por lo cual la participación del personal y dedicación disminuirá, así como gastos viaje, vehículos, equipos de operación y combustibles, así mismo se aclara que los costos de CyM se consideran a pesos constantes de 2024 y hasta el término de la Concesión (2063).

- Operación

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
<b>Gastos de personal</b> Operación Conservación Sistemas Auxilio vial <b>Arrendamientos edificaciones y funcionamiento</b> Comunicaciones	<b>Recaudación de Telepeaje</b> Leasing Peaje e ITS Otros gastos Servicios subcontratados <b>Recaudación resto de modalidades</b> Gasto de personal Alquileres edificios, vehículos y maquinaria

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Papelería Uniformes Servicios básicos Suministros de cabinas <b>Materiales</b> Boletos Consumibles de baños Insumos de auxilio vial Licencias de equipos <b>Servicios</b> <b>Traslado de valores</b> <b>Vigilancia</b> <b>Grúa</b> <b>Ambulancia</b> <b>Vehículos, Equipo de Operación y combustibles</b> <b>Mantenimiento</b> Mantenimiento GP y T Contrato Leasing Peaje e ITS	Otros gastos Servicios subcontratados <b>Seguridad vial</b> Gasto de personal Alquileres edificios, vehículos y maquinaria Otros gastos Servicios subcontratados <b>Sistemas y centro de control</b> Gasto de personal Alquileres edificios, vehículos y maquinaria Otros gastos Servicios subcontratados
<b>\$5,867.92 MDP</b>	<b>\$7,649.31 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

El costo de erogaciones estimada por CyM para la partida de Operación, incluyen el contrato de Leasing de Peaje e ITS con el que actualmente se opera en la Concesión, es importante mencionar que al no existir una ampliación de Plazas de Cobro y/o modificación en la operación de los activos hoy en día que pudieran necesitar un mayor personal o insumos para su ejecución, no se considera un incremento de los costos con respecto al crecimiento de tráfico; así mismo se aclara que los costos de CyM se consideran a pesos constantes de 2024 y hasta el término de la Concesión (2063).

- Mantenimiento Menor

Consideraciones CyM	Considérations TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT (T)
<b>Pavimento asfáltico</b> Bacheo superficial y profundo de carpeta asfáltica en caliente Sellado de grietas y fisuras	Ejecución de limpiezas, reparaciones, deshierbes, desazolves, aplicación de pintura, mantenimiento a edificios, sanitarios y rampas de emergencia

Consideraciones CyM	Considérations TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT (T)
<p>                     Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos                      Retiro de obstáculos y semoviente  <b>Pavimento rígido</b>                      Sellado de grietas y fisuras                      Reposición de sello en juntas y desconchadura de losas de concreto hidráulico                      Reparación parcial de losas de concreto hidráulico  <b>Taludes</b>                      Arrope de taludes                      Remoción de caídos producto de los cortes y derrumbes                      Conservación de elementos de protección de taludes (muro en gaviones)                      Suministro y colocación de malla de triple torsión para estabilización de taludes  <b>Estructuras</b>                      Desazolve de drenes                      Limpieza de aleros, cabezales en pilas, estribos, dispositivos bancos de apoyo, juntas de dilatación, superficie de rodadura, acotamientos, trabes, columnas y sellado de grietas menores de 3 mm                      Pintura vinílica en estructuras de concreto y protección anticorrosiva en parapetos metálicos                      Reparaciones en elementos estructurales de concreto en puentes con concreto hidráulico, deshierbe de conos de derrame y calafateo de juntas de dilatación con materiales epóxicos.  <b>Túneles</b>                      Sellado de grietas y fisuras                      Suministro y aplicación de pintura en accesos a túnel (M-13.1)                      Limpieza de banquetas en interior de túnel, paredes y bóvedas                      Reposición de luminarias  <b>Obras de drenaje y complementarias</b>                      Limpieza de cunetas, contracunetas y lavaderos de concreto hidráulico, canales revestidos, canales de entrada, salida y al interior de obra de drenaje                      Reconstrucción de cunetas, contracunetas, lavaderos, canales revestidos y bordillos de concreto hidráulico                      Suministro y aplicación de pintura en cunetas, contracunetas, lavaderos y bordillos de concreto hidráulico                      Reparación de cabezotes y aleros de concreto hidráulico de obras de drenaje                 </p>	<p>                     Limpieza de calzada mediante barrido mecánico de la corona, limpieza y deshierbe de acotamiento, bordillos, así como lavado de carriles                      Deshierbe de forma mecanizada en derecho de vía y control de vegetación                      Reposición y acomodo del cercado de derecho de vía y cierre de accesos                      Mantenimiento pozos de agua                      Limpieza de ménsulas, defensa metálica, banqueta del túnel, pintura en parapetos, calafateo en juntas de dilatación, resane y desconche en elementos de concreto                      Recolección de basura en túnel y plazas de cobro                      Atención de obras de drenaje con retiro de residuos, limpieza de cunetas, desazolve de coladeras, cajas, lavaderos, y alcantarillas. Además de la reconstrucción de cunetas, bordillos y cunetas de concreto y aplicación de pintura en estos.                      Repintado de guarniciones, bordillos y líneas de pavimento; colocación de botones de aluminio, vialetas y vialetas solares                      Suministro y colocación de señal vertical 117 cm x 117 cm tipo bandera, reparación, enderezado y alineación de señales verticales, limpieza rutinaria de señalamiento vertical y reposición de reflejante en indicadores de alineamiento                 </p>

Consideraciones CyM	Considérations TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT (T)
<p><b>Señalamiento horizontal</b></p> <p>Reposición de alertador de salida de la vialidad</p> <p>Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, amarilla, símbolos y marcas</p> <p>Suministro y aplicación de pintura base agua blanca, raya canalizadora (M-5), rayas reductoras de velocidad (M-9)</p> <p>Suministro y aplicación de pintura base agua roja, para raya de emergencia para frenado discontinua (M-14.1), raya de emergencia para frenado continua (M-14.2)</p> <p>Suministro y aplicación de pintura base agua roja y blanca, para indicar el acceso a una rampa de emergencia para frenado (M-14.3)</p> <p>Suministro y colocación de botones metálicos, botones reflejantes amarillos, blancos y rojos</p> <p><b>Señalamiento vertical</b></p> <p>Limpieza, reparación y reposición de señalamiento restrictivo (SR) 117x117, preventivo (SP), 117x117, informativo de identificación (SII), informativo de destino (SID), informativo de recomendación (SIR), información general (SIG), turísticas y de servicio (STS), informativo de destino SID-13 (Bandera), informativo de destino SID-14 (Doble bandera) e informativo de destino SID-15 (Puente).</p> <p>Suministro y aplicación de pintura en indicadores de alineamiento de concreto (incluye elemento reflejante)</p> <p>Reposición de indicadores de alineamiento de concreto</p> <p><b>Defensas y barreras</b></p> <p>Limpieza de barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey, ménsulas reflejantes y defensa metálica</p> <p>Reposición de barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey, ménsulas reflejantes, malla antideslumbrante, terminal de amortiguamiento, terminal cola de pato, defensa metálica de 3 crestas y 2 crestas</p> <p>Suministro y aplicación de pintura en barrera central divisoria de concreto tipo New Jersey</p> <p><b>Derecho de vía</b></p> <p>Deshierbe en el derecho de vía (a mano), (con equipo) total del DV y poda de árboles</p> <p>Limpieza en el derecho de vía (Pepena de basura)</p> <p>Retiro de obstáculos en el derecho de vía</p> <p>Reposición de alambre y postes de concreto en cercado</p> <p>Suministro y aplicación de pintura en postes de concreto</p> <p><b>Rampas de emergencia</b></p> <p>Suministro, colocación, nivelación y escarificación de material granular</p>	

Consideraciones CyM	Considérations TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT (T)
Reposición de indicadores de alineamiento de PVC Reposición de defensa metálica de 3 crestas <b>Servicios generales</b> Limpieza y reposición de luminarias Suministro y aplicación de pintura en postes de luminarias Suministro de agua en depósitos (incluye limpieza) Suministro y aplicación de pintura en depósitos de agua y basura Mantenimiento a planta de tratamiento de agua residuales Servicios de profesionales de Ingeniero Independiente	
<b>\$1,817.87 MDP</b>	<b>\$2,123.96 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM, respecto a lo estimado por la Concesionaria se detectó que la estimación de erogaciones para esta partida se ve afectada por el incremento del tráfico de forma anual.

El costo de erogaciones estimada por CyM para la partida de Mantenimiento menor, considera el análisis de la infraestructura que actualmente existe, si bien existen diversos criterios para establecer este tipo de costos, la estimación está basada en el análisis de las actividades y volúmenes de obra dependiendo de los elementos existentes de la vía, así como las condiciones prevalecientes y el clima.

Si bien en el año 2043 el Libramiento Perote no formará parte de la Concesión, esta consultoría consideró una mayor densidad de ciertos trabajos en algunas partidas, con la finalidad de continuar brindando la mayor seguridad al usuario, concentrándose en:

- Pavimentos
- Taludes
- Obras de drenaje
- Defensas y Barreras

Asimismo, se aclara que los costos estimados por CyM son pesos constantes de 2024 y hasta el término de la Concesión (2063).

- Telepeaje

Consideraciones CyM	Consideraciones TDDR
Porcentaje de cruces electrónicos 41.80%	Porcentaje de cruces electrónicos 41.80%
Porcentaje de ingresos electrónicos 52.60%	Porcentaje de ingresos electrónicos 52.60%
Costo por cruce \$3.03	Costo por cruce \$3.03
Comisiones por Interoperabilidad 1.00%	Comisiones por Interoperabilidad 1.00%

Consideraciones CyM	Consideraciones TDDR
Crecimiento de tráfico e ingresos estimados por el equipo de tráfico CyM	Crecimiento de tráfico e ingresos mencionados en el documento GANA_PLP_OPEX_2023_vf proporcionado por la Concesionaria
\$1,965.85 MDP	\$2,237.04 MDP

El costo de erogaciones estimada por CyM para la partida de Telepeaje, se calculó con base en la información de crecimiento de tráfico e ingresos generadas por este asesor, lo cual es la principal diferencia en la curva de erogaciones, toda vez que los porcentajes de cruces e ingresos electrónicos fueron tomados de la información proporcionada por la Concesionaria.

Los conceptos de porcentaje de cruces electrónicos, porcentaje de ingresos electrónicos, costo por cruce y comisiones de interoperabilidad se consideraron bajo los términos y estadísticas que compartió la Concesionaria en el documento GANA\_PLP\_OPEX\_2023\_vf.

- Servicios

Consideraciones CyM	Consideraciones TDDR
Auditoría	Auditoría
Comunicación	Comunicación
DAC	DAC
Financial planning	Financial planning
Jurídico	Jurídico
Operaciones	Operaciones
Safety	Safety
Seguridad física y patrimonial	Seguridad física y patrimonial
Sostenibilidad y atención al usuario	Sostenibilidad y atención al usuario
Técnica	Técnica
Tesorería y seguros	Tesorería y seguros
Tráfico	Tráfico
Personas y cultura	Personas y cultura
Tecnologías de la información y comunicaciones	Tecnologías de la información y comunicaciones
\$902.63 MDP	\$1,089.28 MDP

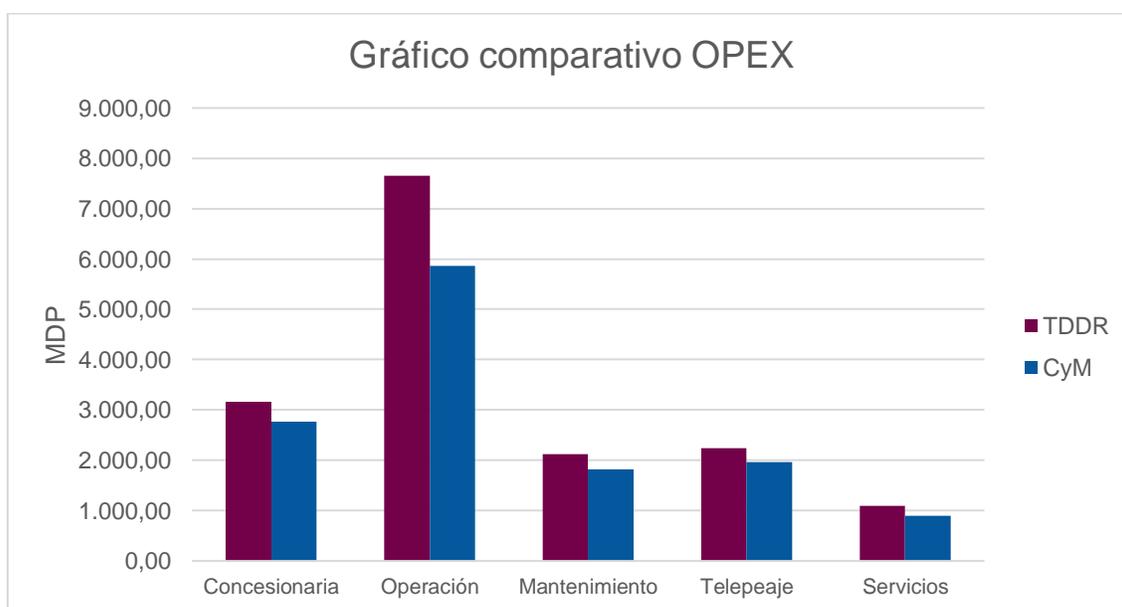
Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

El costo de erogaciones estimada por CyM para la partida de Servicios, fue considerada tal como lo presenta la Concesionaria a razón de que mencionan que son servicios necesarios para el buen

funcionamiento de la Concesión y que son prestados por la matriz empresarial, a través de las empresas Seconmex Administración S.A. de C.V. y de ALEATICA S.A.U.; sin embargo, es imperativo mencionar que los costos de por este asesor se consideran a pesos constantes de 2024 y hasta el término de la Concesión (2063).

En la ilustración siguiente se puede ver la comparativa de presupuestos por partida totales acumulados hasta el término de la Concesión teniendo una diferencia en la partida de Concesionaria del 13%, en cuanto a la partida de Operación la variación es del 23%, en Mantenimiento menor la variación se encuentra en 14%, Telepeaje se observa con 12% de variación y finalmente Servicios con un 17% de variación; sin olvidar que la principal variación obedece a que CyM estimo los costos a precios constantes de 2024.

Gráfica 4 Comparativa de erogaciones OPEX



Elaboración propia, a partir de datos de la Concesionaria, 2024

## 9 COMPARATIVA DE PROGRAMA DE EROGACIONES CAPEX

En los siguientes cuadros de texto, se muestran la comparativa en cuanto a consideraciones del programa de erogaciones del CAPEX por partidas desde 2024 y hasta 2063, considerando que en el año 2043 se termina la Concesión del Libramiento de Perote:

- Equipamiento

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
---------------------	--

Programación de sustitución o reposición de equipos del Centro de Control de Operaciones bajo su tiempo de vida útil, stock de refacciones menores para intervenciones fuera del contrato de leasing.	Intervenciones menores fuera del contrato de leasing Programación de sustitución o reposición de 3 años de duración cada 15-20 años y ciclos de mantenimiento de 2 años de duración cada cuatro años desde el año 2031.
<b>\$85.02 MDP</b>	<b>\$82.35 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

El costo de erogaciones por CyM para la partida de Equipamiento, se inicia en 2025 conforme a la renovación de equipo que actualmente realizará la Concesionaria, en segmentos hasta 2029 con equipos que pueden no afectar su vida útil, y a partir del año 2029 y hasta 2063 la estimación de sustitución o reposición estos equipos son al finalizar su vida útil respectivamente.

- Pavimentos

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
<p>Dos ciclos de refuerzo del pavimento asfáltico para alcanzar la estructura requerida en la Autopista Amozoc – Perote en el primer periodo de 20 años:</p> <p>2024-2029 y del 2030-2035, con una sobrecarpeta promedio de 10 cm de espesor, con fresados mínimos de 2 cm de espesor para corregir deterioros superficiales.</p> <p>Del 2036-2063, se propone una rehabilitación integral de la estructura del pavimento consistente en mejorar la estructura de la capa base y construcción de carpeta asfáltica, adicionalmente a los trabajos de rehabilitación se proponen fresados y reposiciones de carpeta asfáltica de 4 cm de espesor.</p> <p>En gasas, rampas y entronques se propusieron intervenciones 2025, 2036, 2045 y 2055</p> <p>En el Libramiento de Perote se programan actuaciones de mantenimiento periódico consistentes en fresado y reposición de carpeta asfáltica de 4 cm de espesor:</p> <p>CPO A 2028 11.4 km, 2029 6.3 km y 2039 17.7 km</p> <p>CPO B 2028 8.5 km, 2029 4.1 km, 2038 2.8 km, 2039 8.5 km y en el 2042 2.2 km</p>	<p>Ciclos de refuerzo del pavimento de la Autopista Amozoc – Perote:</p> <p>2024 – 2029, sobrecarpeta de 6 cm en 117.38 km</p> <p>2030 – 2035, sobrecarpeta de 5 cm en 118.28 km</p> <p>2036 – 2063, se programan actuaciones de conservación periódica consistentes en el fresado, riego de sello y reposición de carpeta asfáltica de 6 cm en ambos carriles y trabajos de reparación de fisuras y bacheo de un 2% de la superficie a intervenir.</p> <p>En gasas, entronques y rampas se programan actuaciones cada 5 años entre 2026 y 2031, posteriormente en los años 2041, 2050 y 2058.</p> <p>En el Libramiento de Perote se programan actuaciones de mantenimiento periódico consistentes en fresado, riego de sello y reposición de carpeta asfáltica de 4 cm y trabajos de reparación de fisuras y baches en el 2% de la superficie a intervenir:</p> <p>2024 y 2025, 16.42 km por 1 cuerpo</p> <p>2029, 15.60 km por 1 cuerpo</p> <p>2032, 19.64 km por 1 cuerpo</p> <p>2041 y 2042, 35.24 km por 1 cuerpo, incluyendo entronques</p>
<b>\$2,887.55 MDP</b>	<b>\$2,669.22 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

- Estructuras

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Sustitución de juntas de dilatación cada 5 años Sustitución de apoyos de neoprenos cada 10 años Reparaciones en elementos estructurales de concreto con material epóxico cada 9 años Reparación de parapetos de concreto hidráulico cada 6 años Reparación de parapetos metálicos cada 6 años Reparación de banquetas y guarniciones de concreto hidráulico cada 6 años Reconstrucción de parapetos de concreto hidráulico cada 10 años Reconstrucción de parapetos metálicos cada 10 años Reconstrucción de guarniciones de concreto hidráulico cada 10 años Suministro y aplicación de pintura vinílica en guarniciones cada 5 años. Suministro y aplicación de pintura vinílica en elementos de concreto cada 5 años. Suministro y aplicación de pintura de protección anticorrosiva en parapetos metálicos cada 5 años. Fresado de carpeta asfáltica en PIVs cada 10 años Reposición de carpeta asfáltica en PIVs cada 10 años	Limpieza y conservación anual del sistema de drenaje, incluyendo la limpieza del desagüe del tablero Sustitución de apoyos en 2033 y 2058 Sustitución de juntas de calzada en ciclos de tres años de duración, siendo el primero 2029-2031 y el último 2059-2061 Reposición de barrera de concreto en el año 2058 Reposición de barrera de concreto con pasamanos metálico cada 5 años en el año 2028 y hasta 2063 Reposición de barandilla peatonal en ciclos de 2 años en 2032-2033 y 2056-2057 Aplicación de pintura en pretil metálico cada 5 años, iniciando en 2028 y hasta 2063 Reposición de pretil metálico en 2038 Reparación de elementos metálicos Aplicación de pintura en puntos con daño superficial o inicio de deterioro en elementos metálicos cada 5 años, entre 2028 y 2063 Aplicación de pintura en elementos metálicos C3 y pintura por medios mecánicos en los años 2028 y 2048.
<b>\$258.89 MDP</b>	<b>\$294.22 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

El costo de la estructura de CyM consta de sustituciones, reparaciones y reconstrucciones de los principales elementos como los son juntas de dilatación, elementos estructurales de concreto como lo son trabes, estribos, cabezales, columnas, adicionalmente se considera una reposición de carpeta asfáltica en todos los Puentes Inferior Vehicular (PIV) para evitar el deterioro de la superficie de rodamiento. La diferencia en esta partida se encuentra en la periodicidad de cada una de las actividades consideradas con base a la experiencia de cada consultoría; adicional a ello se observaron actividades dentro del CAPEX que esta consultoría consideró en su OPEX, como son las limpiezas y reposición de elementos del sistema de drenaje.

- Drenaje

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
<p>Suministro y aplicación de pintura en cunetas (cada 7 años), contracunetas (cada 10 años), bordillos (cada 5 años), lavaderos (cada 7 años) y canales revestidos (cada 10 años) de concreto hidráulico.</p> <p>Reconstrucción de cunetas (cada 5 años), contracunetas (cada 10 años), bordillos (cada 7 años), lavaderos (cada 7 años) y canales revestidos (cada 10 años) de concreto hidráulico</p> <p>Reparación mayor en alcantarillas de concreto hidráulico de concreto hidráulico, cada 15 años.</p> <p>Resanes en elementos estructurales de concreto (aleros, losas y muros), cada 7 años.</p> <p>Renivelaciones de cunetas de concreto hidráulico cada intervención del pavimento que cambie el nivel de rasante.</p>	<p>En la Autopista Amozoc-Perote se programan actividades de remoción de arrastres y derrumbes, construcción de cunetas y lavaderos cada 5 años y reparaciones mayores en obras de drenaje transversal en los años 2025, 2040 y 2055.</p> <p>En el Libramiento de Perote, las actividades programadas incluyen construcción de cunetas y construcción de lavaderos cada 5 años.</p>
<b>\$91.75 MDP</b>	<b>\$75.28 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

En la partida de drenaje la principal diferencia que existe radica en que en el programa de CAPEX se consideró una actividad adicional que es las renivelaciones de cunetas de concreto hidráulico, esto radica en que al momento de considerar refuerzos en el pavimento que provocan un cambio de rasante, los elementos como lo son las cunetas quedarían por debajo del nivel del hombro de la carpeta, formándose un escalón que pudiera ser considerable e inseguro para los usuarios, por lo que la concesión deberá considerar este tipo de trabajos para brindar una seguridad adecuada a los usuarios.

- Señalamiento

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
<p>Suministro y colocación de botones reflejantes amarillos, blancos en cada intervención del pavimento.</p> <p>Suministro y aplicación de pintura base agua, amarilla y blanca en cada intervención del pavimento.</p> <p>Colocación de alertadores de salida de la vialidad, los primeros tres años de 2024 a 2026.</p> <p>Reposición de alertadores de salida de la vialidad en cada intervención del pavimento.</p> <p>Reposición de banda de estruendo en cada intervención del pavimento.</p> <p>Reposición de señalamiento vertical:</p>	<p>Para la Autopista Amozoc-Perote se incluye el reemplazo del 15% del señalamiento y del 3% de las defensas metálicas y terminales amortiguadas de forma anual. En cuanto a los amortiguadores de impacto, se considera reemplazo cada 10 años y cada 20 años en bifurcaciones.</p> <p>En todas las Plazas de Cobro se contempla reemplazo de señalamiento informativo y amortiguador de impacto en cabinas cada 10 años, y el suministro y colocación de amortiguadores de impacto y espolón cada 20 años.</p> <p>Para 2024 en los entronques Amozoc e Ixtenco, el reemplazo del 100% de los dispositivos OD, señales restrictivas y señales informativas, entronque Audi, el reemplazo del 100% de señales preventivas OD-6, tipo SII</p>

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
<p><b>Restringido (SR) cada 7 años</b></p> <p><b>Preventivo (SP) cada 7 años</b></p> <p><b>Informativo de identificación (SII) cada 7 años</b></p> <p><b>Informativo de destino (SID) cada 7 años</b></p> <p><b>Informativo de recomendación (SIR) cada 7 años</b></p> <p><b>De información general (SIG) cada 7 años</b></p> <p><b>Turísticas y de servicio (STS) cada 6 años</b></p> <p><b>Señales diversas (OD) cada 6 años</b></p> <p><b>Informativo de destino SID-13 (Bandera) cada 6 años</b></p> <p><b>Informativo de destino SID-14 (Doble bandera) cada 6 años</b></p> <p><b>Informativo de destino SID-15 (Puente) cada 6 años</b></p> <p>Suministro y colocación de Indicadores de alineamiento de concreto cada intervención del pavimento.</p> <p>Reposición de terminales de amortiguamiento cada 7 años.</p> <p>Reposición de terminales cola de pato cada 8 años.</p> <p>Reposición de amortiguador de impacto en bifurcación cada 10 años.</p> <p>Reposición de defensa metálica de tres crestas cada 7 años.</p> <p>Renivelación de defensa metálica de dos crestas cada 7 años.</p> <p>Reposición de postes de defensa metálica cada 8 años</p> <p>Sustitución de defensa metálica de dos crestas por tres crestas se considera hacer el cambio total de las defensas en los primeros 4 años iniciando en el año 2024 al 2027.</p>	<p>y SIR, del 50% de OD-11 y señales tipo SIG, del 30% se señales restrictivas turísticas y del 25% de señales tipo SID, entronque Cuapiaxtla, reemplazo del 50% de señales preventivas y OD-6, del 30% de señales SIR, del 25% de señales tipo SIR, SID y SIG, y del 5% de los OD-11, señal tipo STS y SII, entronque Oriental, reemplazo del 30% de señales preventivas y OD-6, del 20% de señales SIR y SID y del 5% en el resto de señales y dispositivos, entronque Teziutlán, reemplazo del 50% de señales tipo SR, SID y SIG, del 20% de señales tipo SP, del 10% de OD-11 y del 5% en el resto de las señales, entronque Cantona, reemplazo del 100% de señales tipo SIG, del 20% de señales tipo SID, del 50% de señales tipo STS, del 10% de OD-11 y señales tipo SP y SIR, y del 5% en el resto de las señales.</p> <p>Para el Libramiento de Perote se incluye el reemplazo del 10% del señalamiento, del 5% de señales informativas tipo SII, y del 3% de las defensas metálicas y terminales amortiguadas.</p> <p>En la Plazas de Cobro se contempla reemplazo de señalamiento informativo y amortiguador de impacto en cabinas cada 10 años, y el suministro y colocación de amortiguadores de impacto y espolón cada 20 años.</p>
<b>\$327.16 MDP</b>	<b>\$301.10 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

Los trabajos del señalamiento involucran el señalamiento horizontal, vertical y dispositivos de seguridad, la diferencia radica igual en las consideraciones de la periodicidad de los trabajos como lo son la reposición de las señales verticales y los dispositivos de seguridad como las defensas metálicas y sus componentes.

La principal diferencia que se puede observar es que CyM considera la actividad de renivelación de defensas metálicas en el momento de considerar refuerzos en el pavimento que provocan un cambio de rasante, ya que esto provocaría que las defensas metálicas queden por debajo de lo establecido en la normativa y pudieran estas no brindar la seguridad para la cual fueron diseñadas, es por ello por lo que se consideró importante incluir esta actividad como parte del CAPEX.

Adicional a esto se puede ver reflejado que CyM considera dentro de su CAPEX la reposición del señalamiento horizontal a lo largo de las intervenciones que se tienen programadas en el pavimento,

ya que estas actividades provocan que se pierda el señalamiento horizontal totalmente, por lo que se debe de considerar su reposición tanto de las rayas como los botones reflejantes que se verán afectados.

Adicional a las consideraciones de CyM para la partida de señalización se incluyeron de forma íntegra el monto autorizado por la SICT para los trabajos del año 2024, con un monto de 61.89 MDP.

- Edificación

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Mantenimiento de exteriores Reposición de piso falso, rejillas tipo Irving y pintura tridilosa cada 2 y 5 años respectivamente Reposición de equipos de aire acondicionado en cabinas de Casetas de cobro troncales, remotas, auxiliares y en todas las edificaciones. Reposición de plafones, techos y cancelerías cada 7 años en las edificaciones de la Autopista Amozoc-Perote y cada 10 años en el Libramiento de Perote. Reposición de muebles de baño y cancelerías cada 10 años en edificaciones y servicios conexos. Reposición de recubrimientos Alucobond en el módulo de policía cada 15 años Reposición de piso de cerámica cada 15 años en el módulo de policía y cada 20 años en el resto de los edificios. Recubrimiento de cabinas y marquesinas en los años 2034 y 2052 Reposición de instalación eléctrica de la plaza de cobro Perote en 2024, de edificio de control, bodega y servicios de Perote en 2030, y del resto de edificios en 2040.	Mantenimiento anual de exteriores Reposición de piso falso cada 2 años Reposición de rejillas Irving y pintura tridilosa cada 5 años Reposición de equipos de aire acondicionado cada 8 años Reposición de plafones, techos de madera y cancelerías cada 7 años en el edificio administrativo y de casetas de cobro de Cuapiaxtla y en las casetas de cobro de Perote, y cada 10 años en el resto de los edificios. Reposición de muebles de baño y cancelerías cada 10 años. Reposición de recubrimientos Alucobond en el módulo de policía cada 15 años Reposición de piso de cerámica cada 15 años en el módulo de policía y cada 20 años en el resto de los edificios. Recubrimiento de cabinas y marquesinas en los años 2034 y 2052 Reposición de instalación eléctrica de la plaza de cobro Perote en 2024, de edificio de control, bodega y servicios de Perote en 2030, y del resto de edificios en 2040.
<b>\$127.75 MDP</b>	<b>\$130.09 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

El costo de erogaciones estimada por CyM para la partida de Edificaciones, si bien considera los mismo conceptos que la Concesionaria que finalmente son los necesarios para cumplir con la correcta operación de los activos, este asesor con base a su experiencia en proyectos con similares características el prorrateo de las actividades a lo largo de la Concesión, sin embargo, en partidas puntuales como reposición de pisos, instalación eléctrica e hidrosanitaria, tomo los años de intervención compartidos por la Concesionaria a razón de mayor conocimiento actual de la infraestructura e instalaciones; es imperativo mencionar que los costos estimados por este asesor se consideran a pesos constantes de 2024 y hasta el término de la Concesión (2063).

- Taludes

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Arrope de taludes cada 8 años Suministro y colocación de malla triple torsión cada 8 años Construcción de muro gavión cada 15 años Estabilización de taludes cada 15 años	Es cada uno de los tramos de la Autopista Amozoc-Perote se incluye la realización de un estudio y un proyecto de estabilidad de taludes cada 15 años, cuyo alcance consiste en determinar las condiciones mecánicas y de drenaje de los taludes incluyendo programa de actividades a realizar, y sus especificaciones particulares y procedimiento constructivo. Además, en los tramos I y II se prevé la estabilización de los taludes cada 15 años (conforme a estudio) y la malla de protección cada 10 años. En 2060 también se repone toda la malla de protección en el tramo III.  Reposición por robo o vandalismo de la malla en muro gavión cada 7 años, por el 100% de la longitud en los tramos I y II y por el 20% de la longitud en el tramo III, así como la reposición total cada 20 años por fin de vida útil.
<b>\$104.88 MDP</b>	<b>\$89.50 MDP</b>

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

La diferencia principal de la estimación de CyM para los taludes es que dentro de esta se incluye una estabilización de taludes cada 15 años, considerando dentro de esta actividad realizarla con concreto lanzado y anclas de fricción, adicional a esto se considera realizar un arrope de taludes en un porcentaje del área de los cortes existentes, esto estimando que pudieran existir cortes con erosión importante y con la finalidad de mantenerlos estables por seguridad a los usuarios.

Adicional a las consideraciones de CyM para los taludes se incluyeron de forma íntegra el monto autorizado por la SICT para los trabajos del año 2024, con un monto de 11.19 MDP.

- Iluminación

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Reposición de luminarias plazas de cobro incluyendo su poste cada 15 para Amozoc Perote y cada 10 años para el Libramiento Perote.  Mantenimiento a transformadores cada 10 años.  Reposición de luminarias plazas de cobro cada 6 años.  Reposición de luminarias en túnel cada 6 años.	Sustitución de focos LED cada 8 años a partir de 2024 y el cableado de luminarias del túnel cada 20 años.  Mejora de iluminación en Plazas de Cobro en 2040  Mantenimiento preventivo en transformadores cada 10 años a partir de 2030

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Reposición del cableado en luminarias en túnel cada 15 años.	
\$33.14 MDP	\$28.77 MDP

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

En la presente partida de Iluminación, se está considerando el cambio de luminarias tanto en las plazas de cobro como en el túnel y adicional a esto la estimación de CyM considera un cambio de luminarias incluyendo su poste, siendo esta actividad la de mayor costo.

- Estudios – Supervisión

Consideraciones CyM	Consideraciones TECHNICAL DUE DILIGENCE REPORT
Auscultación de pavimentos para Amozoc-Perote y Libramiento Perote anualmente. Estudio y proyecto de estabilidad de taludes para Amozoc-Perote cada 15 años y Libramiento Perote cada 8 años. Estudio y revisión de estructuras para Amozoc-Perote cada 15 años y Libramiento Perote cada 8 años. Estudio del señalamiento horizontal y vertical de actualización para Amozoc-Perote cada 15 años y Libramiento Perote cada 10 años.	La supervisión supone aproximadamente un 6% de los montos programados, e incluye lo correspondiente al control de calidad de los trabajos realizados. Como estudios, el programa considera inspecciones básicas para el total de las estructuras y alcantarillas en ciclos de 5 años de duración. Estudios para pavimentos y taludes.
\$287.04 MDP	\$284.07 MDP

Nota: Los importes mostrados en la tabla anterior, se refiere a la estimación de erogaciones a lo largo del periodo de la Concesión y siendo estos a precios constantes para las consideraciones de CyM.

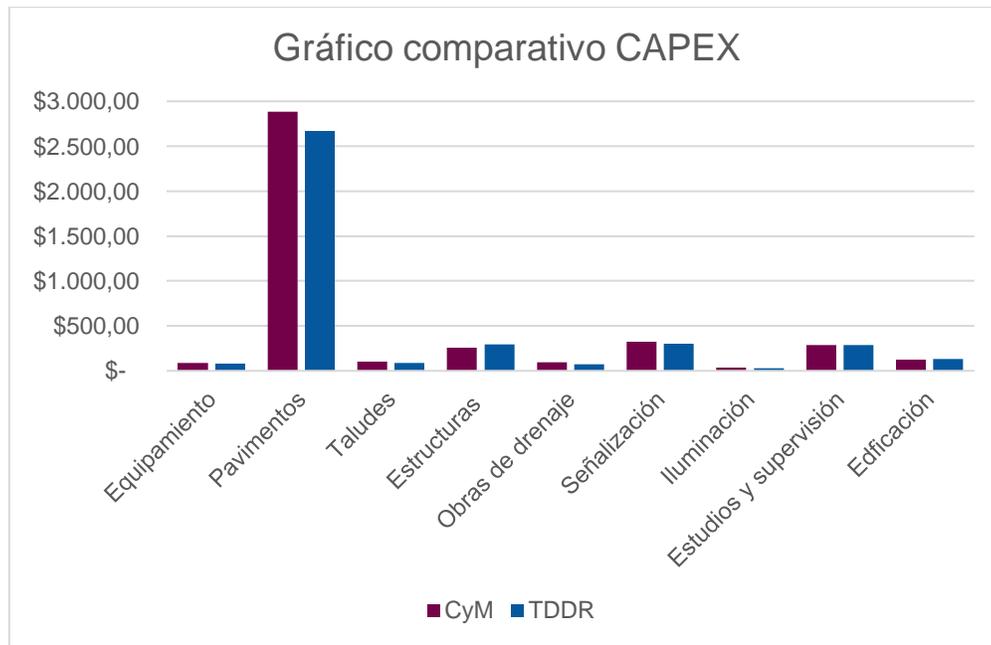
Los estudios considerados en la estimación de CyM son principalmente la auscultación de pavimentos anualmente en ambos activos carreteros, con la finalidad de tener una visión del deterioro de los pavimento, otros estudios considerados son los de las estructuras y taludes con una periodicidad de 8 años cada uno, la diferencia entre los estudios indicados en el *Technical DD Report* radica en que se considera realizar un estudio para la actualización del señalamiento horizontal, vertical, así como las defensas y barreras cada 15 y 10 años respectivamente, con la finalidad de actualizar dichos elementos de acuerdo a la normativa que exista en ese año.

Para la supervisión se consideró en forma similar en el orden del 6% del monto de los trabajos programados anualmente.

En la ilustración siguiente es posible observar la comparativa de presupuestos por partida totales acumulados hasta el término de la Concesión teniendo una diferencia en la partida de Equipamiento

del 3%, en cuanto a la partida de Pavimentos la variación es del 4%, en Estructuras la variación se encuentra en -15%, Drenaje se observa con 18% de variación, mientras que Señalización se encuentra una variación del 8%, la partida de Edificaciones encuentra una variación de -2%, la partida de Taludes e Iluminación con 12% y 13% respectivamente y finalmente Estudios-Supervisión con un -6% de variación; las consideraciones tomadas y a la postre que sirvieron para la estimación de erogaciones anuales, se entiende como la principal causa de las variaciones de los costos; sin olvidar que CyM estimo los costos a precios constantes de 2024.

Gráfica 5 Comparativa de erogaciones CAPEX



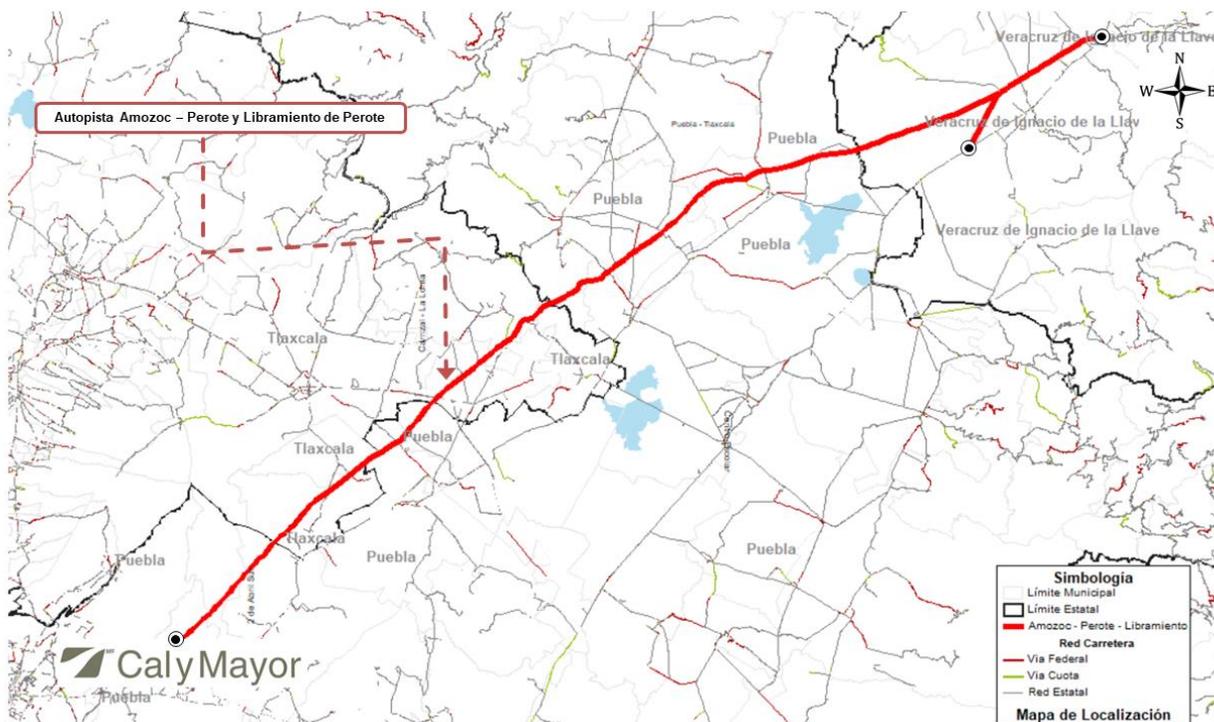
Elaboración propia, a partir de datos de la Concesionaria, 2024

## 10 ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA PARA UNA EVENTUAL AMPLIACIÓN DE LA AUTOPISTA AMOZOC PEROTE.

La Autopista Amozoc – Perote es una vía tipo A2 de 104.9 km de longitud, ubicada entre el entronque Amozoc III, en el km 137+455 de la Autopista de cuota México - Orizaba, y en el entronque Perote III, situado en el km 104+971 de la carretera Amozoc – Perote. La operación de este tramo tiene una vigencia de enero 2007 a noviembre 2063 al concluir la concesión. Cuenta con 4 plazas de cobro troncales con sus correspondientes casetas auxiliares.

El Libramiento de Perote es una carretera tipo 4AS de 17.581 km de longitud, inicia en el km 94+000 de la carretera federal Acatzingo – Zacatepec – Perote – Jalapa y termina en el km 111+581 de la misma carretera, en el estado de Veracruz. La operación de este tramo tiene una vigencia de julio 2004 a noviembre 2043. Cuenta con una plaza de cobro: Perote.

Figura 37. Croquis de localización de Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.



Fuente: Elaboración propia, 2024

La infraestructura se encuentra dentro del área de influencia del Área Natural Protegida Federal Parque Nacional La Malinche, entre los estados de Tlaxcala y Puebla y del Área Natural Protegida Estatal San Antonio limón Totalco en el estado de Veracruz.

Los principales municipios que atraviesa la Autopista son:

- En Puebla: Amozoc, Tepatlaxco, Acajete, Rafael Lara Grajales, libres y Tepeyahualco.
- Tlaxcala: Zitlaltepec, Ixtenco, Cuapiaxtla, Atltzayanca y el Carmen Tequexquitla.
- Veracruz: Perote.

Tabla 29. Segmentación de los activos carreteros

Tramo	De	hasta	Longitud (km)
Tramo I	Amozoc	Ixtenco	26.1
Tramo II	Ixtenco	Cuapiaxtla	14.1
Tramo III	Cuapiaxtla	Teziutlán	23.2
Tramo IV	Teziutlán	Cantona	17.4
Tramo V	Cantona	Libramiento Perote	23.9
Total			104.7

Fuente: Elaboración propia, 2024

## 11 ANÁLISIS DE COSTOS PARÁMETRICOS A NIVEL EXPERTO

### 11.1 Metodología y Criterios de evaluación

Para la determinación de costos paramétricos de la nueva infraestructura vial y el aprovechamiento de la infraestructura existente, se desarrolló a partir de la base de datos de Grupo Cal y Mayor generada de los diseños de otros proyectos; de este modo el desarrollo de proyectos apegados a Normas vigentes y los costos generados a partir de ellos sirven de referencia para la obtención de los montos de inversión de la infraestructura propuesta.

#### Señalamiento y dispositivos de seguridad en carreteras.

La conceptualización del costo paramétrico de señalamiento para carreteras, comprende la utilización de proyectos con características similares en donde se realizó la ingeniería de detalle, necesaria para diseñar el señalamiento que permita regular el uso de la carretera, facilitando a los usuarios su utilización segura y eficiente, estos proyectos cumplen con especificaciones y otros documentos en los que se establezcan las características geométricas, estructurales, de materiales y de acabados del señalamiento, para proporcionar al constructor los datos que le permitan su correcta ejecución, con esta información se plantea la determinación de los costos paramétricos.

La determinación de un proyecto de señalamiento se fundamenta en su propósito y ubicación; y se clasifica de la siguiente manera:

### 11.1.1.1 Señalamiento Horizontal

Se define como el conjunto de marcas y dispositivos, que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacente del arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras, y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, con el fin de regular y canalizar el tránsito de vehículos, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos, leyendas o dispositivos.

Tabla 30. Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal.

Clasificación	Nombre	Clasificación	Nombre
<b>M-1</b>	<b>Raya separadora de sentidos de circulación</b>	<b>M-9</b>	<b>Rayas con espaciamiento logarítmico</b>
M-1.1	Raya continua sencilla (Arroyo vial hasta 6.5 m y ciclovías)	<b>M-10</b>	<b>Marcas para estacionamiento</b>
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial hasta 6.5 m y ciclovías)	<b>M-11</b>	<b>Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles</b>
M-1.3	Raya continua sencilla (Arroyo vial mayor de 6.5 m)	M-11.1	Flechas, letras y números
M-1.4	Raya continua-discontinua (Arroyo vial mayor de 6.5 m)	M-11.2	Para delimitar un carril en contrasentido
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial mayor de 6.5 m)	M-11.3	Para delimitar un carril exclusivo
M-1.6	Raya continua doble	M-11.4	Para establecer lugares de parada
<b>M-2</b>	<b>Raya separadora de carriles</b>	<b>M-12</b>	<b>Marcas en guarniciones</b>
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla	M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble	M-12.2	Para delinear guarniciones
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua	<b>M-13</b>	<b>Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura</b>
<b>M-3</b>	<b>Raya en la orilla del arroyo vial</b>	M-13.1	Marcas en estructuras
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua	M-13.2	Marcas en otros objetos
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua	<b>M-14</b>	<b>Raya para frenado de emergencia</b>
M-3.3	Raya en la orilla izquierda	M-14.1	Raya para frenado de emergencia discontinua
<b>M-4</b>	<b>Raya guía en zonas de transición</b>	M-14.2	Raya para frenado de emergencia continua
<b>M-5</b>	<b>Rayas canalizadoras</b>	<b>M-15</b>	<b>Marca para identificar ciclovías</b>
<b>M-6</b>	<b>Raya de alto</b>	<b>M-16</b>	<b>Marcas temporales</b>
<b>M-7</b>	<b>Rayas para cruce de peatones o de ciclistas</b>	<b>DH-1</b>	<b>Botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento</b>
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías primarias	<b>DH-2</b>	<b>Botones reflejantes sobre estructuras</b>
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en vías secundarias y ciclovías	<b>DH-3</b>	<b>Botones</b>
<b>M-8</b>	<b>Marcas para cruce de ferrocarril</b>		

(Continúa Tabla 1)

Fuente: N-PRY-CAR-10-01-001/13, SCT 2021

### 11.1.1.2 Señalamiento Vertical

Es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integrados con leyendas y símbolos que tienen el propósito de regular el uso de la carretera, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la carretera.

Tabla 31. Clasificación para el señalamiento vertical.

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación <ul style="list-style-type: none"> <li>• De nomenclatura</li> <li>• De ruta</li> <li>• De distancia en kilómetros</li> </ul>
SID	Señales informativas de destino <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previas</li> <li>• Diagramáticas</li> <li>• Decisivas</li> <li>• Confirmativas</li> </ul>
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales diversas
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas
OD-13	Señales de mensaje cambiante

Fuente: N-PRY-CAR-10-01-001/13,

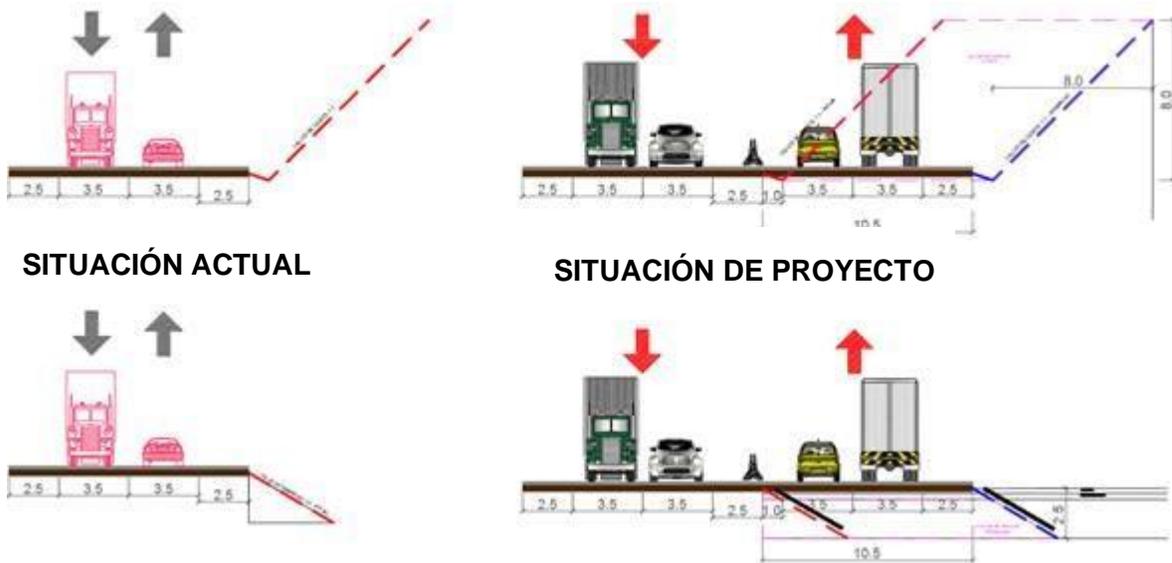
SCT 2021

### 11.1.2 Obra civil.

Para esta fase de determinación de costos paramétricos, se adoptaron parámetros de diseño, recomendaciones y estándares establecidos en el Manual de Proyecto Geométrico de Vialidades de la SICT, por tratarse de vialidades de velocidades relativamente altas la consideración de nueva infraestructura requiere trazos flexibles y congruentes con la infraestructura actual esto ayuda a optimizar los costos asociados a su construcción.

La ampliación de la carretera cuenta con una extensión de 10.5 metros en promedio y es de acuerdo con la imagen posterior en donde se muestra las secciones tipo.

Figura 38. Secciones tipo de Autopista Amozoc – Perote y Libramiento Perote.

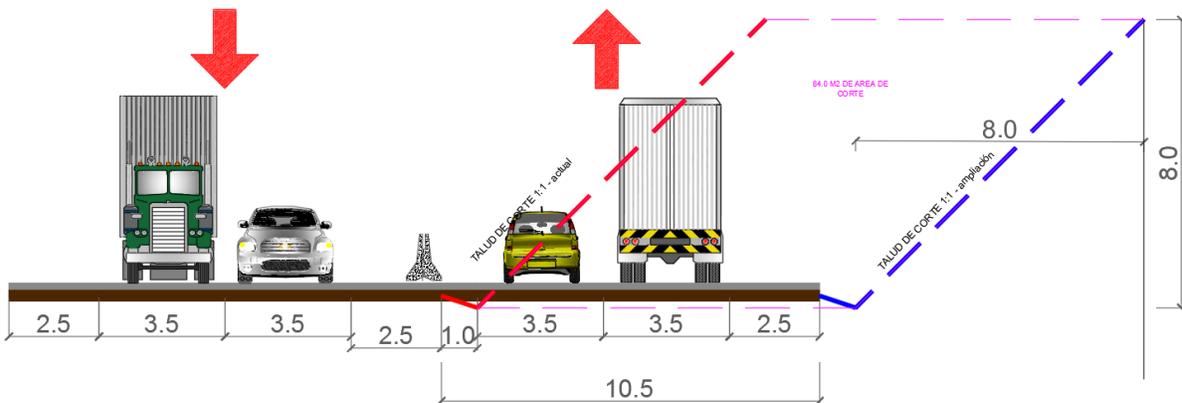


Fuente: Elaboración propia, 2024.

11.1.2.1 Criterio para la determinación de volumen de corte y terraplén.

Es importante mencionar que para la integración de los conceptos de corte y terraplén y la determinación de los volúmenes a nivel costos paramétricos, se agrupó la longitud del tramo de análisis en dos categorías; la primera considera determinar una longitud del trazo total (22.3 km) como una zona que cuenta con taludes de cortes en terrenos semi montañosos, esta longitud se determinó en (13.8 km) y a partir de ello se revisaron las alturas de los cortes en el tramo actual, deduciendo una altura promedio del corte que implicaría la ampliación de la carretera. A continuación, se muestra una imagen con esta consideración.

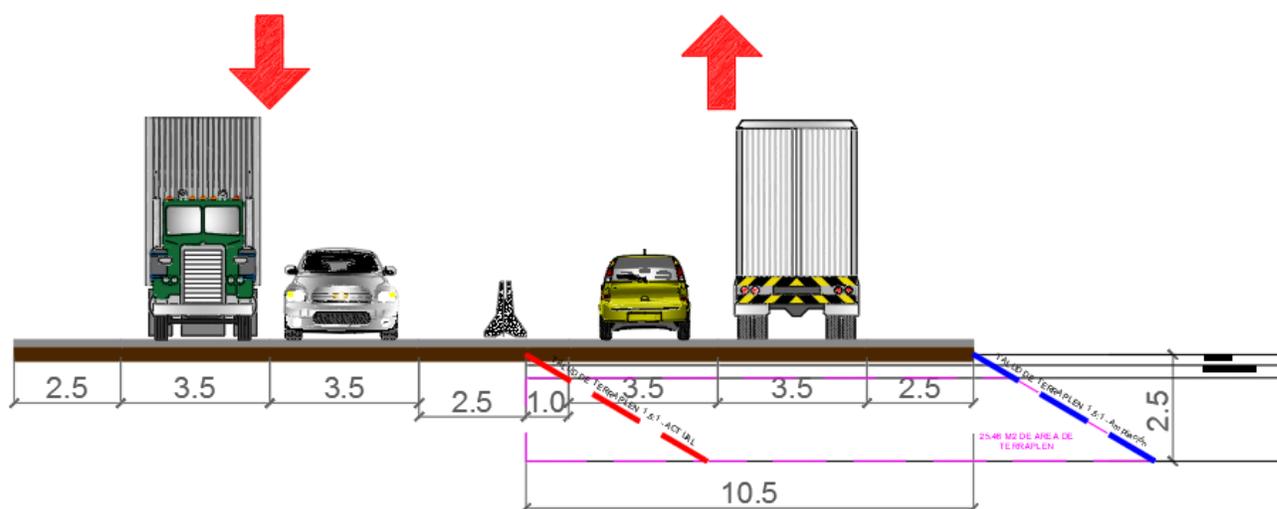
Figura 39. Criterio para la determinación de volumen de corte y terraplén.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Para la segunda categoría donde se tiene en cuenta la estimación del volumen de terraplén para aquellos segmentos del trazo que cuentan con una topografía uniforme (8.5 km) se estableció una altura promedio de terraplén contemplada en 2.5 metros. A continuación, se muestra una imagen con esta consideración.

Figura 40. Segunda categoría de estimación de volumen de terraplén.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

La conformación de los costos paramétricos para obra civil se plantearon partidas generales en los siguientes rubros:

- Preliminares
- Pavimentos
- Estructuras
- Obras de drenaje
- Obras inducidas
- Señalamiento

○ Preliminares

En esta partida se contempla el trazo y la nivelación de toda la zona aproximada del proyecto, así como la integración de cantidades de corte de material para formación de terracerías y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

○ Pavimentos

Contempla una estructura de pavimento tipo para cada uno de los proyectos; considera un cuerpo de terraplén, subrasante, base, la carpeta asfáltica y la aplicación de un riego de impregnación, en esta partida se incluye la posible restitución de pavimento existente únicamente en la zona de liga del proyecto nuevo con la infraestructura existente.

○ Estructuras

Este concepto contiene el monto paramétrico de aquellas obras como, puentes, cruces de canal, pasos ferroviarios, protección de instalaciones de gas y viaductos, si fuera el caso. A continuación, se muestra una tabla con las estructuras contempladas en el tramo de análisis.

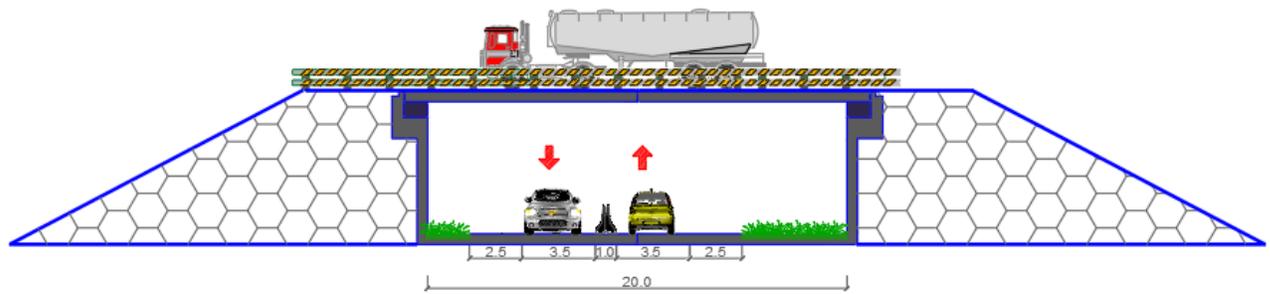
Tabla 32. Estructuras de proyecto.

ESTRUCTURAS NUEVAS	UNIDAD	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III	TRAMO IV	TRAMO V
Túnel	Km	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
Cruce de Gas	LOTE	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
PG AMP NUEVO	LOTE	7.0	1.0	7.0	11.0	2.0
PSV						
- Puente (escurrimiento)	Puente	1.0	2.0	3.0	0.00	0.00
- Entronque	M2	4,725.0	3,360.0	3.00	0.00	1,050.00
- PSV	M2	525.0	525.0	8,400.00	0.00	735.00
-Losas pasos ganaderos	M3	324.0	0.0	2,100.00	2,205.00	0.00
PSF 1	M2	0.0	525.0	0.00	0.0	0.00
PIV	LOTE	3.0	3.0	0.0	3.0	3.0
Rampas de emergencia	LOTE	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

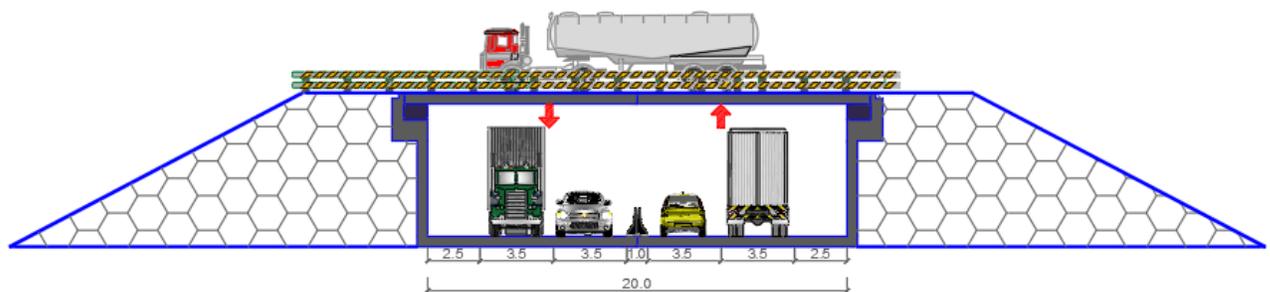
Costo de túnel				\$494,474,350.92		
Costo de estructuras				\$402,419,798.55		
<b>Total, de estructuras.</b>		<b>\$409,660,912.37</b>	<b>\$240,359,597.09</b>	<b>\$896,894,149.47</b>	<b>\$201,375,832.53</b>	<b>\$123,817,815.54</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024

- Para el caso de los pasos ganaderos se pudo apreciar que algunos de ellos cuentan con las preparaciones para una posible ampliación, sin embargo, al no contar con el ancho de la sección transversal propuesta (10.5m) no fueron consideradas estas preparaciones.
- En el tema de los PIV's existentes y la ampliación se consideró una sección transversal mínima, para evitar en la medida de lo posible tener que modificar PIV's, a continuación, se muestra una imagen con la sección transversal considerada.



SITUACIÓN ACTUAL



SITUACIÓN CON AMPLIACIÓN

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Obras de drenaje

Incluye un costo general de obras de drenaje considerando las obras transversales de alivio a lo largo de la carretera. En el caso de vías interurbanas se contemplan obras de drenaje.

- Obra inducida.

Derivado del análisis a nivel prefactibilidad se identificaron posibles riesgos en el establecimiento de los montos de inversión en el rubro de obra inducida; en específico las posibles instalaciones que pudiesen operar a nivel subterráneo. En otra etapa, durante el desarrollo del proyecto a nivel ejecutivo se contará con información de campo (levantamiento de instalaciones subterráneas) que podrá definir el proyecto de obra inducida y con ello un monto debidamente justificado.

Al no contar con evidencia documental de la existencia de estas posibles instalaciones, se consideró a visión de experto y de acuerdo con la particularidad del proyecto el asignar un monto que cubra estos posibles trabajos adicionales. Bajo este criterio se asignó un 20% adicional del monto deducido por obra civil.

## 12 RESUMEN DE PRESUPUESTO PARÁMETRICO DE LA POSIBLE AMPLIACIÓN DE AMOZOC PEROTE.

A continuación, se enlista a nivel partida general, los montos de inversión en el rubro de obra civil, para la ampliación de la Carretera Amozoc – Perote en sus cinco tramos

Tabla 33. Montos de inversión para eventual ampliación de la Carretera Amozoc - Perote

PRESUPUESTO PRELIMINAR (Partidas)	Longitud (km)	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5
		26.1	14.1	23.2	17.4	23.9
ID	Unidad	Importe	Importe	Importe	Importe	Importe
I.- PRELIMINARES		\$60,633,429.61	\$11,635,677.78	\$99,934,591.20	\$23,157,488.70	\$37,827,373.47
II.- PAVIMENTOS		\$409,660,912.37	\$227,335,354.84	\$329,876,537.78	\$279,717,301.95	\$364,741,220.07
III.-ESTRUCTURAS		\$328,502,607.45	\$240,359,597.09	\$896,894,149.47	\$201,375,832.53	\$123,817,815.54
IV.- OBRAS DE DRENAJE		\$4,782,099.42	\$2,592,594.13	\$3,902,632.86	\$3,188,066.28	\$4,393,485.13
V.- OBRAS INDUCIDAS		\$172,489,234.70	\$102,767,555.22	\$276,180,868.69	\$109,336,687.84	\$116,972,643.84
VI.- SEÑALAMIENTO		\$58,867,124.64	\$31,914,552.25	\$50,296,432.16	\$39,244,749.76	\$54,083,324.97

<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$1,034,935,408.18</b>	<b>\$616,605,331.31</b>	<b>\$1,657,085,212.16</b>	<b>\$656,020,127.07</b>	<b>\$701,835,863.02</b>
<b>I.V.A.</b>	<b>\$165,589,665.31</b>	<b>\$ 98,656,853.01</b>	<b>\$ 265,133,633.95</b>	<b>\$104,963,220.33</b>	<b>\$ 112,293,738.08</b>
<b>MONTO TOTAL</b>	<b>\$ 1,200,525,073.49</b>	<b>\$ 715,262,184.31</b>	<b>\$ 1,922,218,846.11</b>	<b>\$760,983,347.40</b>	<b>\$ 814,129,601.11</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024

## 13 CONCLUSIONES

- En términos de operación, se pueden observar Concesiones y/u Operadoras con diferentes características físicas, clima, aforo e ingresos, también se pueden ver diferentes prácticas durante la ejecución de actividades para el cumplimiento de la operación del activo carretero, lo cual puede generar diferencias al momento de estimar un programa de erogaciones, aun cuando se conozcan partidas principales para realizar una comparación.
- Se observa que en la Concesión GANA, se opera con un esquema de arrendamiento en cuestiones de Gestión de Peaje e ITS que abarca las fases de instalación y puesta en servicio más los costos asociados a mantenimiento, sin embargo, se recomienda explorar la posibilidad de analizar el costo de oportunidad que representa optar por un esquema de arrendamiento (condiciones actuales) y compararlo con un escenario donde las adquisiciones formen parte de los bienes del activo carretero. El contar con los equipos como parte de los bienes afectos a la concesión, puede representar los siguientes beneficios:
  - Mayor control de las labores de mantenimiento, aplicación de garantías.
  - Eficiencias en las programaciones de los reemplazos y mantenimientos rutinarios.
  - Mayor margen de negociación para migrar a otras tecnologías en caso de ser necesario
  - Total, control de la explotación de la información del equipamiento.
- Para la conservación periódica se revisó la condición actual de la estructura del pavimento mediante la metodología de “revisión de un pavimento existente con estudios de deflectometría de la Guía AASHTO 1993”, obteniendo como resultado del método que es necesario adicionar un refuerzo al número estructural del pavimento por lo que proponemos realizarlo mediante la construcción de sobrecarpeta entre el año 2024 al año 2035.
- Por las condiciones actuales de la superficie de rodamiento se recomienda realizar intervenciones que incluyan fresados y construcción de la carpeta asfáltica, que deberá construirse considerando la corrección del perfil longitudinal para abatir el indicador de IRI, a partir de finalizados los periodos de refuerzo (del año 2035 para la autopista Amozoc – Perote y del año 2028 para el Libramiento Perote, para mayor detalle, consultar el Anexo 3.
- Es recomendable hacer las evaluaciones del pavimento de manera periódica y pasando los primeros 20 años de umbral del proyecto analizar la condición de la estructura del pavimento y llevar a cabo las rehabilitaciones integrales de la estructura del pavimento
- Mediante el uso de la herramienta HDM-4 se evaluó la progresión del deterioro de la Autopista proponiendo los años de intervención para la conservación periódica en la partida de pavimentos.
- Para la estimación de los programas y presupuestos OPEX y CAPEX, se realizaron cuantificaciones a la infraestructura existente actualmente para obtener volumetrías consideradas en estos presupuestos, de esta estimación es importante destacar que se realizaron supuestos y cuantificaciones mediante la herramienta Google Earth como mediante el video del recorrido de inspección que se realizó.
- Derivado de las cuantificaciones se procedió a realizar la estimación de egresos a lo largo del proyecto, con el objetivo principal de que cada uno de los elementos en la infraestructura del proyecto se mantuviera en buen estado de conservación y con ello sobreponer la seguridad de los usuarios, ante todo. En dichos programas se hicieron estimaciones de porcentajes de

actuación para cada partida basándonos en nuestra experiencia en proyectos de características similares.

- Cumplimiento de condiciones requeridas en el Título de concesión, con la información que el cliente compartió se realizó el análisis y se determinó que, de acuerdo con la información reportada y señalada por la SICT, la Concesión ha cumplido con los mínimos requeridos:
  - Para el caso de los Servicios de camino y en plataforma se determinó que históricamente en los años reportados en el documento denominado TDDR (2019 a 2022) la Concesionaria cumplió con el parámetro requerido.
- En cuanto al estado de la vía, se realizó un análisis histórico de la información proporcionada por la SICT y el reporte TDDR proporcionado por el cliente. Se encontró que, a excepción del primer semestre del año 2021 (según datos del TDDR), en que la evaluación estuvo por debajo de lo requerido, la calificación promedio general es superior a los 400 puntos exigidos en las evaluaciones. No obstante, lo anterior, se recomienda ejecutar las actividades aprobadas en los programas de conservación vigentes y llevar a cabo los trabajos planificados. En caso de detectar alguna necesidad particular, se recomienda que, antes de solicitar la autorización a la SICT, se considere lo necesario para cumplir con los parámetros establecidos en el Título de Concesión. El equipo especialista de Cal y Mayor realizó la calificación de los servicios prestados en plaza de cobro, plataforma y camino, y se estimó una calificación de 8.75, la cual está por arriba de la calificación 8 (ocho) mínima requerida, garantizando un buen servicio al usuario que tránsito por la autopista y libramiento.
- El equipo especialista de Cal y Mayor realizó una evaluación subjetiva de la autopista y libramiento, observándose una calificación superior a los 450, superando el mínimo estipulado en Título de Concesión que es de 400 puntos, por lo cual se considera en óptimas condiciones, garantizando la seguridad y confort del usuario que transita por estas vías.
- Como parte del análisis realizado se revisaron informes de avance de mantenimiento mayor noviembre 2023 a enero 2024 e informes de avance de los trabajos de conservación menor noviembre 2023 a enero 2024, se observó que la contratista encargada de la supervisión reporta diversos elementos evidenciando que en los meses reportados se realizó un seguimiento de la verificación de la calidad de los materiales y los procesos de acuerdo con la evidencia reportada.
- Es importante mencionar que las estimaciones de los programas de conservación rutinaria, periódica y de operación, son propuestas de esta Consultoría, que representa una de múltiples posibles soluciones, así mismo, puede haber variaciones en el futuro, según el comportamiento del tránsito, la calidad de los materiales utilizados en la modernización, procedimiento constructivo, adecuaciones al proyecto definitivo, cargas de los vehículos pesados, etc., por lo que, se recomienda un estricto control de calidad de los materiales, procedimiento constructivo y control mediante dispositivos las cargas máximas de los vehículos pesados, permitidas por la Entidad correspondiente.
- Es importante resaltar que, si bien existen diferencias entre el TDD Report y esta consultoría, se debe principalmente a las estrategias de estimación consideradas para el desarrollo de los programas, mismas que fueron obtenidas de acuerdo con la experiencia en proyectos similares.
- Estimación paramétrica de una posible ampliación en la Autopista Amozoc Perote.
  - Con el análisis de determinación de costos paramétricos se puede determinar que el proyecto cuenta con los espacios necesarios en el rubro de derecho de vía.

- El planteamiento de la ampliación no puede considerarse a un solo lado de la sección transversal actual ya que los espacios disponibles del derecho de vía cambian entre los sentidos.
- La determinación de volúmenes para esta evaluación surge mediante la determinación de análisis geométricos, por lo que no sustituyen un diseño a nivel ejecutivo; los costos generados a partir de ellos sirven de referencia para la obtención de los montos de inversión de la infraestructura propuesta.
- Técnicamente a nivel infraestructura, para esta evaluación conceptual el proyecto de ampliación es viable.