

# *ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO SIMPLIFICADO*

# 2021



RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

## INDICE

<b>I.</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>4</b>
	A. Problemática, objetivo y descripción del PPI .....	4
	B. Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI.....	5
	C. Indicadores de Rentabilidad del PPI.....	9
<b>II.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>12</b>
	A. Diagnóstico de la Situación Actual.....	12
	B. Análisis de la oferta o infraestructura existente .....	24
	C. Análisis de la demanda actual .....	26
	D. Interacción de la oferta – demanda. ....	38
<b>III.</b>	<b>SITUACIÓN SIN EL PPI .....</b>	<b>42</b>
	a) <b>Optimizaciones</b> .....	42
	b) <b>Análisis de la Oferta o infraestructura existente</b> .....	43
	c) <b>Análisis de la demanda sin proyecto</b> .....	44
	d) <b>Interacción de la Oferta - Demanda</b> .....	46
	e) <b>ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN</b> .....	55
	<i>Alternativa 1:</i> .....	55
	<i>Alternativa 2:</i> .....	61
	<i>Alternativa seleccionada</i> .....	66
<b>IV.</b>	<b>SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>69</b>
	A. Descripción General .....	69
	B. Alineación Estratégica .....	76
	C. Localización Geográfica .....	78
	a. Calendario de Actividades .....	84
	D. Monto Total de la Inversión.....	86
	E. Financiamiento .....	87
	F. Metas del Proyecto .....	88
	G. Capacidad instalada y su evolución en el horizonte de la evaluación .	89
	H. Vida útil.....	90
	I. Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto .....	90
	Estudios Técnicos.....	90
	Factibilidad Legal.....	90
	Factibilidad Ambiental.....	91
	J. Análisis de la oferta considerando la implementación del proyecto de inversión .....	92
	K. Análisis de la demanda con proyecto .....	93

L.	Interacción de la oferta – demanda a lo largo del horizonte de evaluación .....	95
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....</b>	<b>111</b>
A.	Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto de inversión .....	111
B.	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión .....	115
C.	Cálculo de los indicadores de rentabilidad. ....	131
D.	Análisis de sensibilidad.....	134
E.	Análisis de riesgos.....	137
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>139</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>146</b>
<b>IX.</b>	<b>Responsables de la Información .....</b>	<b>147</b>

## I. RESUMEN EJECUTIVO

### Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

El proyecto tiene como principales objetivos de comunicar a las localidades rurales y brindar mayor capacidad al camino, para ofrecer un nivel de servicio óptimo a los usuarios, mediante la RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS, con una longitud 49.70 km, se considera una vía de comunicación que permita una mayor conectividad y competitividad en la región. Proporcionar a los habitantes, una vía de comunicación moderna, eficiente, segura y de alta calidad, que promueva la reducción de sus tiempos de recorrido y costos generalizados de viaje.

El proyecto contribuye a mejorar la comunicación entre la población de las localidades de CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA y brindar acceso a los servicios básicos de salud, educación, administrativos, transporte, etc., mediante la movilidad eficiente de personas y combatir el medio y alto grado de marginación que presenta la región en la que se ubica el proyecto.

Problemática Identificada

#### PROBLEMÁTICA CENTRAL IDENTIFICADA EN LOS 3 TRAMOS

Para la problemática que presenta la carretera: LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS, es la presencia de fallas en la estabilidad de los cortes del camino, en épocas de lluvias intensas se generan afectaciones en superficie de rodamiento al provocar baches, encharcamientos, agrietamientos y desprendimiento del mismo.

El sistema de drenaje se encuentra en mal estado y en algunos tramos no se cuenta, siendo que el agua se mantiene sobre la superficie, lo cual provoca afectaciones en la carpeta asfáltica e incrementa el riesgo de accidentes, ya que los automovilistas no pueden ver los baches llenos de agua, estas condiciones climatológicas van deformando gravemente la estructura del pavimento, originando problemas de ondulaciones y debilitación de secciones estructurales de la calzada, acelerando el daño, lo cual se traduce en afectaciones en el alineamiento horizontal y vertical, así mismo, los usuarios que transitan por esta carretera incurran en altos costos generalizados de viaje y se aumente la probabilidad de ocurrencia de accidentes al realizar maniobras de rebase o esquivamiento de baches, siendo esta condiciones físicas las velocidades con bajas y elevados tiempos de recorrido.

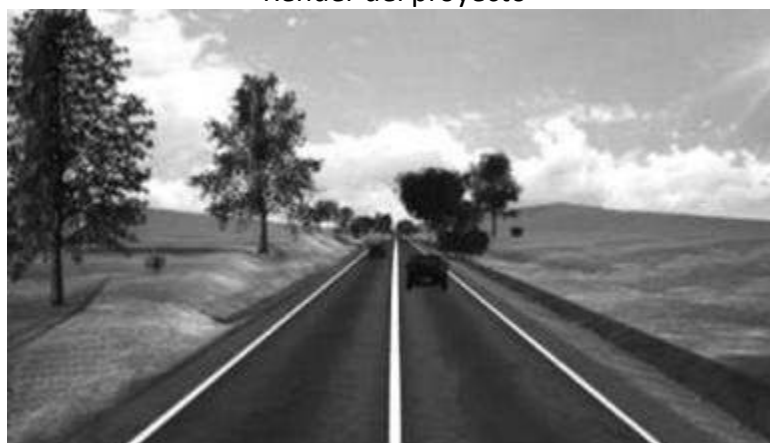
Al existir señalamiento en malas condiciones (deteriorado por el tiempo, despintado), el cual no es visible a larga distancia para los automovilistas, ya dentro de la carretera existen accesos a centros educativos, religiosos, de salud, curvas peligrosas, zona de paso peatonal etc; provocando que el índice de accidentes por alcances incremente.

Con la implementación del proyecto RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA, se contará una infraestructura final y funcional en los 49.70 km.

Considerando los trabajos de Infraestructura funcional total en los 49.70 km (km 0+000 al km 49+700); 184,000 m<sup>2</sup> de terracerías, 284,710.00 m<sup>2</sup> de conservación de pavimento asfáltico, 68,160.00 m<sup>2</sup> de reconstrucción de pavimento asfáltico, 149,100 m de señalamiento horizontal (raya continua y discontinua de 12 cm), 67 pza de señalamiento vertical (señalamiento preventiva, restrictiva e informativo), 659 ml de construcción de subdrenes (obra de drenaje - alcantarilla de tubo), 10.16 m<sup>2</sup> de construcción de alcantarilla en el km 25+500, km 34+150, km 35+800 y km 42+820 y 477.25 m<sup>2</sup> de muros de contención (mampostería)

Breve descripción del PPI

Render del proyecto



Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

Horizonte de evaluación es de 21 años (1 de ejecución y 20 años de vida útil).<sup>1</sup>

Descripción de los principales costos del PPI

Los costos identificados corresponden a los de inversión, y mantenimiento.

### Costos de inversión

Los costos de inversión corresponden a los recursos necesarios para la ejecución de la obra. En este sentido, el monto de inversión es de 99.99 millones de pesos incluyendo el IVA, según se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla. Costo de inversión (pesos 2021)**

Nombre	Monto (Sin IVA)
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA	86,206,543.69
<b>Subtotal</b>	<b>86,206,543.69</b>
<b>Iva 16%</b>	<b>13,793,046.99</b>
<b>Subtotal con IVA</b>	<b>99,999,590.68</b>

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

### Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento corresponden a las erogaciones que deben realizarse para lograr que el sistema seleccionado se mantenga en los niveles establecidos para satisfacer la demanda definida del proyecto. Estos costos tienen considerados los estándares de calidad y servicio eficiente que requiere la demanda de acuerdo con las características del tránsito como densidad y composición. Para el proyecto, se consideran los siguientes costos de mantenimiento:

**Tabla. Costos de mantenimiento (pesos)**

Concepto <sup>2</sup>	Sin IVA	Periodicidad	\$/km/carril	Mant. Total Tramo 1	Mant. Total Tramo 2	Mant. Total Tramo 3
Mantenimiento Rutinario	34,282	Anual	\$/km/carril	759,009.90	556,058.74	2,092,590.98

<sup>1</sup> <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>

<sup>2</sup> El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación, así como su periodicidad indicada en la "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores". [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met\\_Caminos\\_Rurales\\_Parte1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf)

Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello)	119,988	c / 4 años	\$/km/carril	2,656,534.32	1,946,205.36	7,324,067.52
Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta)	589,655	c / 8 años	\$/km/carril	13,054,968.56	9,564,209.13	35,992,560.12

Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura

### Costos de Molestias

Para este proyecto se considera costos por molestias los cuales se ven reflejados en la memoria de cálculo. Estos costos se generan a los usuarios de la vialidad al tener que compartir un carril de circulación conforme va avanzando la obra.

Es decir, a lo largo de 400 metros se tendrán señalamiento que permita coordinar el flujo del TDPA. De esta forma se avanzaran los trabajos de la obra. Esta situación hace que el TDPA experimente velocidades de recorrido menores y tiempo de recorrido mayores.

Para este proyecto se considera costos por molestias los cuales se ven reflejados en la memoria de cálculo.

Tabla. Costos de Molestias (mdp)

Costos	Monto (mdp)
Costos por molestias TRAMO 1	5.91
Costos por molestias TRAMO 2	4.82
Costos por molestias TRAMO 3	16.09

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con este proyecto se espera mejorar las velocidades y reducir los tiempos de recorrido del tránsito que se desplaza en la zona de estudio y los costos de operación de los diferentes tipos de vehículo.

Los principales beneficios que se tendrán con la reconstrucción y conservación del tramo son:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los tiempos de recorrido.
- Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes por el mal estado del pavimento.

- Mejorar la interconexión de las Carreteras Federales y estatales del área de influencia del proyecto
- Mejorar del nivel de servicio.

Adicionalmente se considera que este proyecto tendrá un efecto importante en materia de seguridad vial al separar los flujos vehiculares, en este importante corredor donde la presencia de camiones de carga genera mayor conflicto.

Monto total de inversión (con IVA)

El monto de inversión requerido para poder llevar a cabo el proyecto de inversión es de \$ 99,999,590.68 pesos.

**Tabla. Monto de inversión total del Proyecto<sup>3</sup>**

Componentes	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	COMPONENTES TOTAL	
				Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	184,000.00	4.34	798,560.00	926,329.60
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	284,710.00	234.88	66,872,684.80	77,572,314.37
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	68,160.00	234.92	16,012,147.20	18,574,090.75
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	149,100.00	6.53	973,623.00	1,129,402.68
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	67.00	808.354	54,159.72	62,825.27
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	659.00	2,187.46	1,441,536.14	1,672,181.92
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16	1,881.19	19,112.89	22,170.95
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	M2	477.25	72.75	34,719.94	40,275.13
<b>TOTAL</b>				86,206,543.69	99,999,590.68

FUENTE: Memoria de Calculo apartado de ahorros, Secretaría de Infraestructura

Riesgos asociados al PPI

Los principales riesgos asociados al proyecto son: la disponibilidad de la totalidad de los recursos para la conclusión de la obra en el tiempo y forma previsto; la demanda social de obras adicionales al momento de la



construcción, así como el retraso en la construcción debido a problemas técnicos, aumento en los costos de construcción y fenómenos inflacionarios.

Tabla. Descripción de riesgos y su mitigación

Descripción	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Mitigación
Riesgo de obtención de la liberación del derecho de vía.	Bajo	Nula, ya se cuenta con la liberación del derecho de vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pago de indemnizaciones</li> <li>Construcción de infraestructura básica.</li> </ul>
Riesgo en cambios en el diseño del proyecto durante el proceso de construcción.	Alto	Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>En un proyecto de Rehabilitación</li> <li>Validación técnica.</li> <li>Validación del contratista</li> </ul>
Riesgos de sobre costo en la construcción.	Alto	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar e integrar los costos por obra adicional (reservas, cambio de uso de suelo, bancos de materiales, programas de protección de flor y fauna)</li> </ul>
Riesgos de atrasos en la construcción.	Medio	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar programas de obra con frentes y partidas alternas.</li> </ul>
Riesgos legales (contractuales, normativa aplicable, cambios en la legislación).	Bajo	Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales.</li> </ul>
Riesgos por incrementos en costos de operación y mantenimiento.	Medio	Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales.</li> </ul>
Riesgo de conflicto social.	Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar u operar una red de gestión y promoción social que trabajará en contacto directo con la población.</li> <li>Gestión y promoción permanente de la demanda social.</li> </ul>

FUENTE: Elaboración propia

## Indicadores de Rentabilidad del PPI

INDICADORES	VALOR TRAMO 1	VALOR TRAMO 2	VALOR TRAMO 3
Valor Presente Neto (VPN)	<b>19.61 mdp</b>	<b>18.33 mdp</b>	<b>53.46 mdp</b>

INDICADORES	VALOR TRAMO 1	VALOR TRAMO 2	VALOR TRAMO 3
Tasa Interna de Retorno (TIR)	<b>19.59%</b>	<b>21.27%</b>	<b>19.76%</b>

INDICADORES	VALOR TRAMO 1	VALOR TRAMO 2	VALOR TRAMO 3
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	<b>20.31%</b>	<b>21.59%</b>	<b>20.61%</b>

## Conclusión

## Conclusión del Análisis del PPI

Esta obra mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios, al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona. Evitará la saturación de la vialidad provocada por el tránsito pesado. Aumentará las velocidades de operación y reducirá con ello los tiempos de recorrido y costos de operación vehicular.

De acuerdo con los indicadores de rentabilidad obtenidos el proyecto presenta un Valor Presente Neto (VPN) Positivo y una tasa interna de rendimiento (TIR) superior al 10.0%. Es momento óptimo para su construcción, pues se dio como resultado una Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI) de superior a 10% que es mayor a la tasa social de descuento; por tales motivos, se recomienda la ejecución de proyecto en los tiempos y alcances previstos.

Con la RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- Aumentarán las velocidades de operación,
- Reducirá los tiempos de recorrido,
- Reducirá los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos,
- Mejoraré los niveles de servicio,
- Disminuiré los niveles de contaminación por emisión de gases y ruido.

Aunado a lo anterior

- Se harán más eficientes los servicios de transporte comercial e industrial.
- Como resultado de lo anterior se prevé un mayor intercambio comercial con el resto de la entidad, ya que se permitirá que la población pueda reducir sus costos de operación y ahorro en tiempos de traslado y con ello obtener mayores utilidades en la venta de sus productos.

Con la puesta en marcha del proyecto es facilitará el acceso de la población beneficiada incrementando su nivel de vida; así mismo, se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular. Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios, ya que se permitirá que la

población pueda reducir sus costos de operación y ahorro en tiempos de traslado.

## II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

### A. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La carretera LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS (km 0+000 al km 49+700), se encuentra ubicada entre los municipios de Venustiano Carranza, Pantepec, Francisco Z. Mena, Estado de Puebla y cruza con la Autopista México – Tuxpan. Esta carretera es una importante vía de comunicación entre dichos municipios; motivo por el cual en los últimos años ha experimentado un aumento significativo del tránsito, sobre todo de vehículos pesados, los cuales ocasionan colas y demoras, además de generar problemas de inseguridad vial con una elevada incidencia de accidentes, mismos que ocurren principalmente en curvas pronunciadas donde los vehículos invaden el carril contrario. Lo anterior genera incrementos en los costos de operación vehicular y los tiempos de recorrido de los usuarios.

Existen 5 ejes carreteros que atraviesan el territorio del Estado de Puebla, que sirven de conexión a todas las regiones del país desde el centro hacia el norte, el occidente, el Pacífico, el Golfo de México, el sur y el sureste. Esto caracteriza a la entidad de Puebla, como una red articuladora de carreteras por las que fluye una gran parte del transporte nacional. Por su parte, la región Sierra Nororiental presenta conectividad desde el centro de la entidad con una autopista estatal y desde el centro del país a través de la autopista México-Tuxpan.

IMAGEN. Macro localización del proyecto



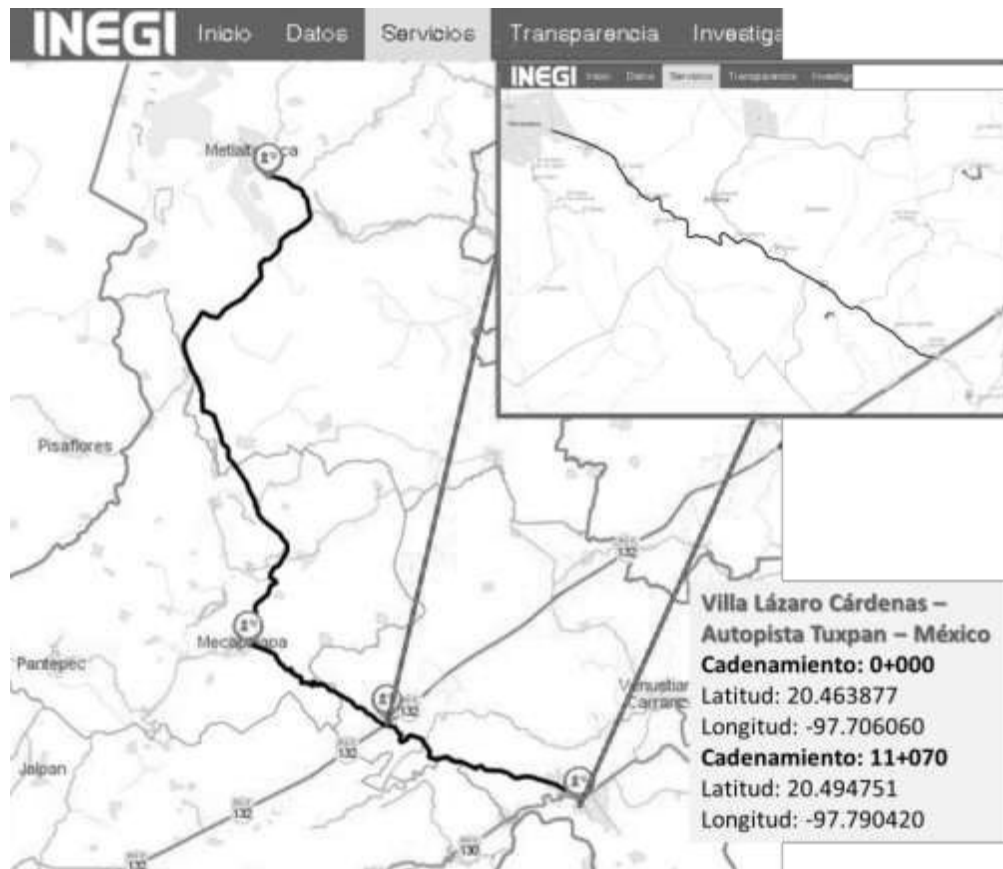
FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo e INEGI.

## VIALIDADES RELEVANTES

La carretera LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS, se localiza en la parte Norte del Estado de Puebla, con una longitud total de 49.70 kilómetros; del cadenamiento 0+000 kilómetro al 49+700 kilómetro, atravesando las localidades de Ciudad de Lázaro Cárdenas, El Sol, Mecapalapa, Los Naranjos, Salsipuedes y Cerco de Piedra, en los Municipios de Venustiano Carranza, Pantepec, Francisco Z. Mena, esta carretera cuenta con 3 intersecciones viales importantes en donde la cantidad de vehículos cambia derivado a las incorporaciones o desincorporaciones existentes a lo largo del tramo que son:

1. El tramo: Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México a través de la cual se puede acceder a la Localidad y Municipio de **Venustiano Carranza**, cuenta con una actividad económica preponderante son el cuidado y reproducción de bosques de maderas finas, como pino y encino que conservan y transforman, ubicado dentro de la zona de climas cálidos húmedo, con abundantes lluvias la mayor parte del año, Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México del cadenamiento: 0+000 Latitud: 20.463877 y Longitud: -97.706060 y del Cadenamiento: 11+070 Latitud: 20.494751 y Longitud: -97.790420, con una longitud de 11.07 kilómetros.

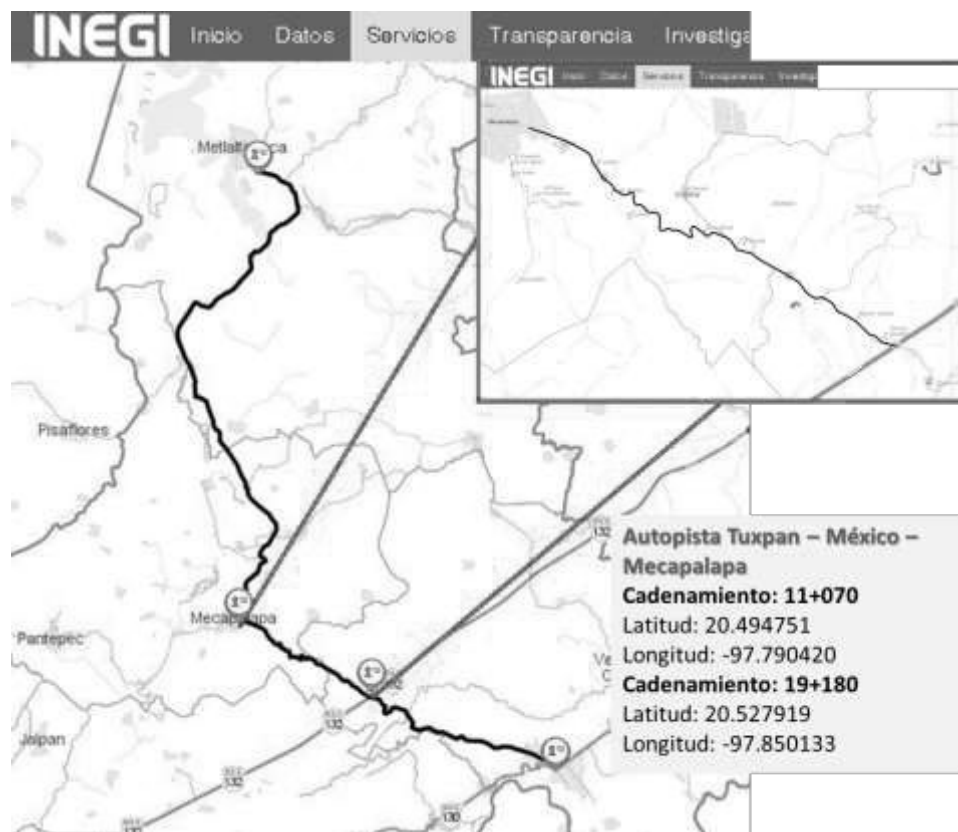
**IMAGEN. Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México**



FUENTE. Elaboración propia con base en el Mapa Digital de INEGI.

2. El tramo: Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa a través de la cual se puede acceder a la Localidad y Municipio de **Pantepec y Venustiano Carranza**, cuenta con una actividad económica preponderante son el cuidado y reproducción de bosques de maderas finas, como pino y encino que conservan y transforman, café de grano y planta de la palma; entre otras, ubicado en la Sierra Norte de Puebla dentro de la zona de climas cálidos húmedo, con abundantes lluvias la mayor parte del año, Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa del Cadenamiento: 11+070 Latitud: 20.494751 y Longitud: -97.790420 y del Cadenamiento: 19+180 Latitud: 20.527919, Longitud: -97.850133, con una longitud de 8.11 kilómetros.

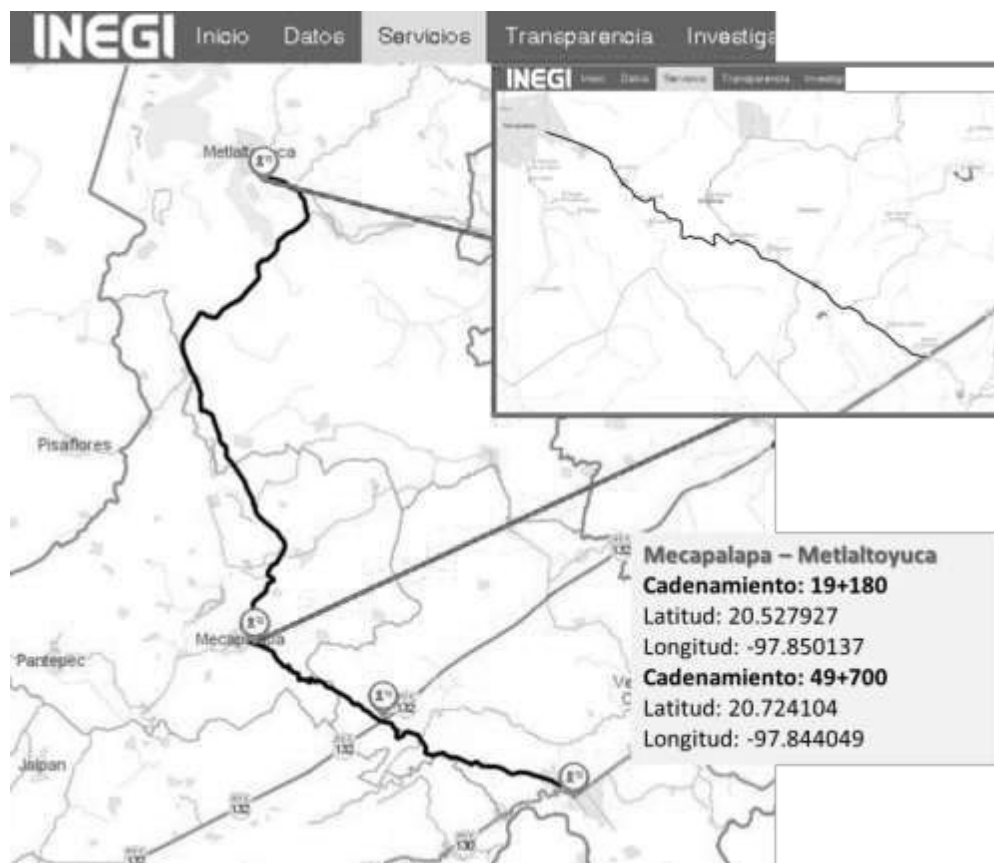
### IMAGEN. Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa



FUENTE. Elaboración propia con base en el Mapa Digital de INEGI.

3. El tramo: Mecapalapa – Metlatoyuca a través de la cual se puede acceder a Localidades de los Municipio de **Pantepec y Francisco Z. Mena**, cuenta con una actividad económica preponderante son el cuidado y reproducción de bosques de maderas finas, como pino y encino que conservan y transforman, el café de grano y planta de la palma; entre otras, ubicado en la Sierra Norte de Puebla dentro de la zona de climas Cálido subhúmedo, con abundantes lluvias en verano y lluvias la mayor parte del año, Mecapalapa – Metlatoyuca del Cadenamiento: 19+180 coordenadas Latitud: 20.527927; Longitud: -97.850137 y del Cadenamiento: 49+700 con coordenadas Latitud: 20.724104; Longitud: -97.844049

Imagen. Mecapalapa – Metlatoyuca



FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo

La Sierra Nororiental cuenta con mil localidades en los 28 municipios que la componen, de las cuales 958 son localidades rurales de menos de 2 mil 500 habitantes, representan el 95.8% del total y tienen 292 mil 273 habitantes, el 54.9% del total en la región. Las restantes 42 localidades son urbanas mayores de 2 mil 500 habitantes y en conjunto tienen 239 mil 744 habitantes, el 45.1% del total. La región cuenta con una localidad (Xicotepec) mayor de 50 mil habitantes.

El desarrollo urbano sustentable tiene por objeto ordenar y regular los usos y destinos del suelo, establecer las bases para el mejoramiento, conservación y sustentabilidad de los centros de población; así como mejorar la calidad de vida de los habitantes. Para el logro de estos propósitos se requiere la elaboración de programas de desarrollo urbano que consideren integralmente diversos aspectos, tanto de planeación como de normatividad y gestión urbana que sirvan para definir el desarrollo urbano a nivel estatal, regional y municipal.

## PROBLEMÁTICA CENTRAL IDENTIFICADA EN LOS 3 TRAMOS

Para la problemática que presenta la carretera: LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS, es la presencia de fallas en la estabilidad de los cortes del camino, en épocas de lluvias intensas se



generan afectaciones en superficie de rodamiento al provocar baches, encharcamientos, agrietamientos y desprendimiento del mismo.

El sistema de drenaje se encuentra en mal estado y en algunos tramos no se cuenta, siendo que el agua se mantiene sobre la superficie, lo cual provoca afectaciones en la carpeta asfáltica e incrementa el riesgo de accidentes, ya que los automovilistas no pueden ver los baches llenos de agua, estas condiciones climatológicas van deformando gravemente la estructura del pavimento, originando problemas de ondulaciones y debilitación de secciones estructurales de la calzada, acelerando el daño, lo cual se traduce en afectaciones en el alineamiento horizontal y vertical, así mismo, los usuarios que transitan por esta carretera incurran en altos costos generalizados de viaje y se aumente la probabilidad de ocurrencia de accidentes al realizar maniobras de rebase o esquivamiento de baches, siendo esta condiciones físicas las velocidades con bajas y elevados tiempos de recorrido.

Al existir señalamiento en malas condiciones (deteriorado por el tiempo, despintado), el cual no es visible a larga distancia para los automovilistas, ya dentro de la carretera existen accesos a centros educativos, religiosos, de salud, curvas peligrosas, zona de paso peatonal etc; provocando que el índice de accidentes por alcances incremente.

Aunado a las condiciones de transitabilidad antes descritas se suma la problemática de la dificultad de transporte de víveres y personas de las poblaciones aledañas, así como el acceso a bienes y servicios básicos (salud, educación, etc.), lo cual afecta de manera importante la calidad de vida de los pobladores.

Por lo anterior, se identificó la siguiente problemática y necesidades a cubrir:

- Necesidad de mejorar las características físicas y operativas de la Carretera.
- Contribuir en mejorar la oferta vial de los municipios y localidades de la zona en estudio.
- Como consecuencia de los puntos anteriores, se busca reducir los costos generalizados de viaje (CGV) actuales, generados por los altos tiempos de recorrido (TR) y los costos de operación vehicular (COV).
- Proveer de mayor seguridad a los usuarios que transitan la vialidad al proporcionar una vía con características operativas adecuadas

En apoyo del diagnóstico de la situación actual, se presentan las siguientes imágenes, las cuales muestran las características antes mencionadas y resaltan su problemática.

**Reporte Fotográfico Tramo: Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México**



**KM 0+850**

Imagen donde se muestra el agrietamiento piel de cocodrilo de forma longitudinal y transversal, falta de señalamiento horizontal y vertical.



**KM 7+000**

Imagen donde se muestra daños en la superficie de rodamiento, derivado que en tiempos de lluvias a la cantidad de agua excede las obras de drenaje, saturación y consiguiente reblandecimiento del terreno seguida por un afloramiento del agua en tiempos de lluvias, misma que con el paso del tiempo, las lluvias atípicas y vehículos que circulan por la carretera van dañando la carpeta asfáltica.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.



## **KM 10+240**

Imagen donde se muestra daños en la superficie de rodamiento, derivado que en tiempos de lluvias a la cantidad de agua excede las obras de drenaje, saturación y consiguiente reblandecimiento del terreno seguida por un afloramiento del agua en tiempos de lluvias, misma que con el paso del tiempo, las lluvias atípicas y vehículos que circulan por la carretera van dañando la carpeta asfáltica.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.

## **Reporte Fotográfico Tramo: Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa**



## **KM 12+100**

Se observan baches superficiales, agrietamiento de forma longitudinal y transversal y con abertura creciente según avanza el deterioro.

# Secretaría de Infraestructura



## **KM 17+200**

Imagen donde se muestra daños en la superficie de rodamiento, derivado que en tiempos de lluvias a la cantidad de agua excede las obras de drenaje, saturación y consiguiente reblandecimiento del terreno seguida por un afloramiento del agua en tiempos de lluvias, misma que con el paso del tiempo, las lluvias atípicas y vehículos que circulan por la carretera van dañando la carpeta asfáltica.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.



## **KM 18+350**

Se observan baches y tramos donde se ha perdido el pavimento, sistema de drenaje ya que insuficiente y se encuentra en mal estado.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.

## **Reporte Fotográfico Tramo: Mecapalapa - Metlatoyuca**



## **KM 20+000**

Se observan baches superficiales, agrietamiento de forma longitudinal y transversal y con abertura creciente según avanza el deterioro.

## **KM 27+500**

Imagen donde se muestra daños en la superficie de rodamiento, derivado que en tiempos de lluvias a la cantidad de agua excede las obras de drenaje, saturación y consiguiente reblandecimiento del terreno, provocando deslizamiento lateral del muro, asentamiento de la estructura y

# Secretaría de Infraestructura





## **KM 33+100**

Se observan baches y tramos donde se ha perdido el pavimento, sistema de drenaje ya que insuficiente y se encuentra en mal estado.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.



## **KM 35+800**

Imagen donde se muestra daños en la superficie de rodamiento, derivado que en tiempos de lluvias a la cantidad de agua excede las obras de drenaje, saturación y consiguiente reblandecimiento del terreno, provocando deslizamiento lateral del muro, asentamiento de la estructura y desestabilizantes producidos por el empuje de la tierra, misma que con el paso del tiempo, las lluvias atípicas y vehículos que circulan por la carretera va creciendo el dañando la carpeta asfáltica.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.



## **KM 42+820**

Imagen donde se muestra daños en la superficie de rodamiento, derivado que en tiempos de lluvias a la cantidad de agua excede las obras de drenaje, saturación y consiguiente reblandecimiento del terreno, provocando deslizamiento lateral del muro, asentamiento de la estructura y desestabilizantes producidos por el empuje de la tierra, misma que con el paso del tiempo, las lluvias atípicas y vehículos que circulan por la carretera va creciendo el dañando la carpeta asfáltica.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.



## **KM 48+250**

Se observan baches y tramos donde se ha perdido el pavimento, sistema de drenaje ya que insuficiente y se encuentra en mal estado.

Mal estado de señalamiento horizontal y vertical.

## B. ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE

Se realizó el levantamiento de las características físicas y geométricas de la carretera, identificando tramos o segmentos con características distintas. Para ello, se realizaron recorridos a fin de identificar las características geométricas tales como longitud, tipo de terreno, número de carriles y existencia de acotamientos. Asimismo, se identificaron las condiciones de operación tiempos de recorrido y niveles de servicio. Considerando la velocidad de diseño de la carretera el cual es de 60 km/hr. Conforme a las características geométricas y características de carreteras del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Para ello se utiliza la información de levantamiento y se dividir los tramos considerando que se identifican características físicas y geométricas.

La oferta existente la dividiéremos en tres tramos para su mejor comprensión.

1. Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México
2. Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa
3. Mecapalapa - Metlaltoyuca

En el siguiente cuadro se puede observar las características de cada uno de los tramos de la oferta.

Tabla. Características de la situación actual

Características	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Tipo de terreno	Montañoso	Montañoso	Montañoso
Cadenamiento	0+000 al 11+070	11+070 al 19+180	19+180 al 49+700
Longitud (m)	11,070	8,110	30,520
Ancho de carril (m)	3.55	3.55	3.55
Numero de sentidos	2	2	2
Carriles de circulación	1	1	1
Ancho de Corona (m) (promedio)	7.10	7.10	7.10
Ancho de Calzada (m) (promedio)	7.10	7.10	7.10
Tipo de superficie	Asfáltico	Asfáltico	Asfáltico
Estado físico	Mal estado	Mal estado	Mal estado
Índice Rugosidad Internacional (IRI) m/km	9	7	8.00
Carretera Tipo	C	C	C
Acotamientos	NO	NO	NO
Velocidad de Diseño (Km./hr.)	60	60	60
Velocidad de operación (Km./hr.)	40.36	38.92	40.36
Tiempo de recorrido (min.)	16.50	12.55	45.40
Pendiente Maxima (%)	8	8	8
Grado maximo de curvatura (°)	17	17	17
Cunetas	Mal estado	Mal estado	Mal estado
Señalización Vertical	Mal estado	Mal estado	Mal estado
Señalización horizontal	Mal estado	Mal estado	Mal estado

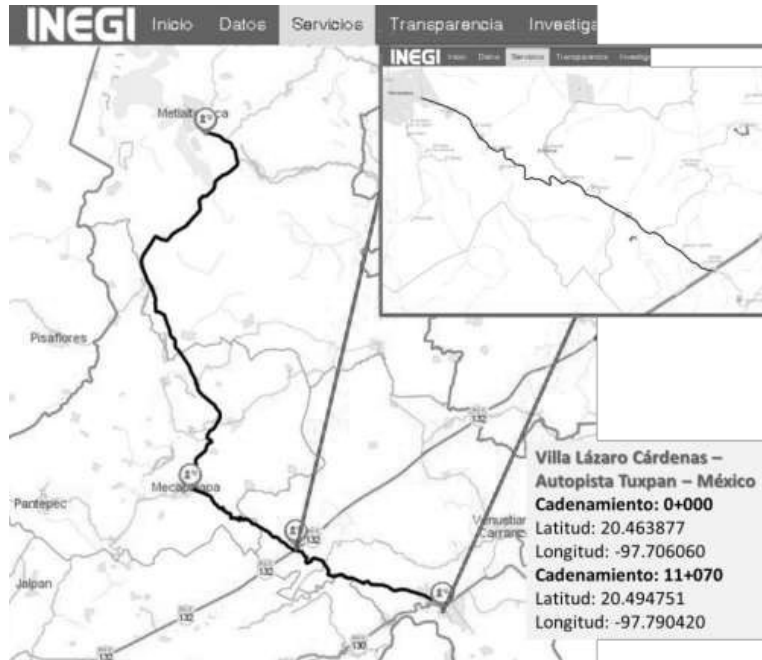


FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura

En la siguiente tabla se muestra los tramos realizados y consideraciones para determinar la oferta y demanda.

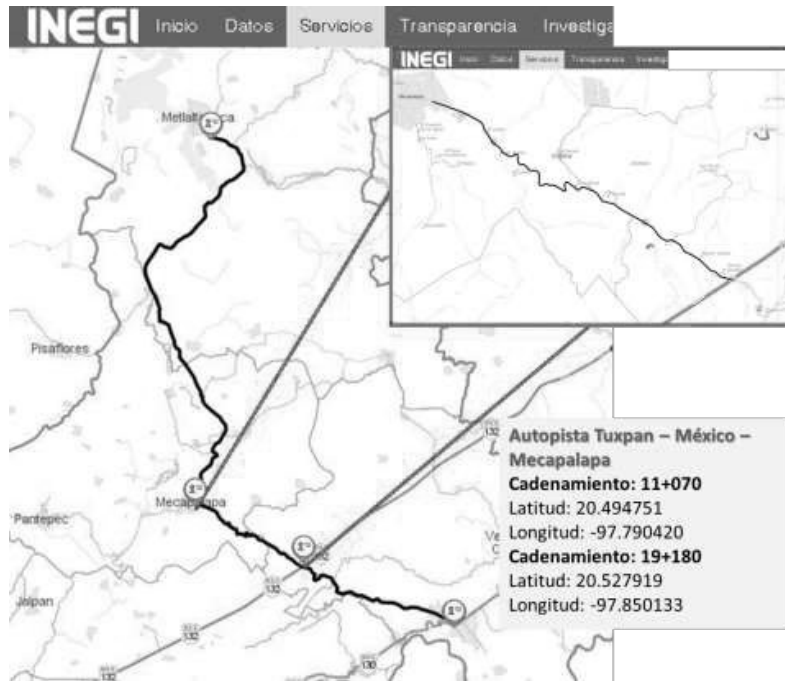
Localización de los tramos.

## TRAMO 1



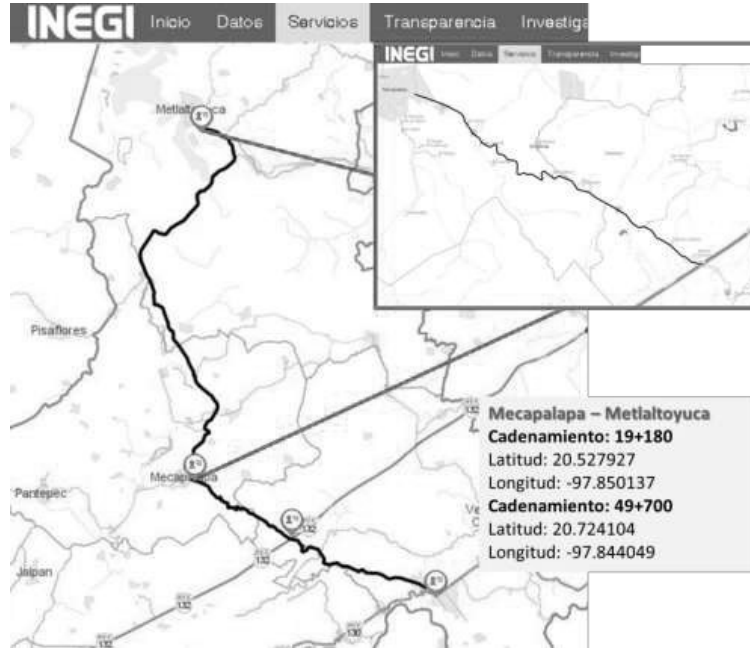
FUENTE. Elaboración propia con base en el Mapa Digital de INEGI.

## TRAMO 2



FUENTE. Elaboración propia con base en el Mapa Digital de INEGI.

## TRAMO 3



FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo

## C. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL

Para el análisis de la demanda del proyecto se realizó el aforo de acuerdo a los ocho puntos relevantes, antes mencionados. La metodología utilizada en la ingeniería de tránsito consistió Contador de tráfico móvil con tubos de goma robustos. Diseñado para encuestas a corto plazo en ubicaciones múltiples o recopilación de datos a largo plazo en carreteras con poco tráfico e identificando los ingresos y salidas, para su posterior clasificación por origen-destino de los diferentes flujos.

El TDPA para el proyecto es de 3,133 vehículos, el cual se obtuvo de la suma de todos los flujos vehiculares del proyecto con base en la información generada en la ingeniería de tránsito realizada por la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla. (VER ANEXO A)

### **Composición vehicular por flujo direccional**

Los volúmenes vehiculares son el elemento de análisis básico y uno de los objetivos principales del estudio, motivo por el cual se desarrolló el siguiente inciso sobre el tema.

En este apartado se efectúa una descripción de los resultados de los aforos realizados en la intersección durante siete días (lunes a domingo) que permitieron caracterizar la operación vial. Se realizó el aforo vehicular durante las horas 24 horas del día. El objetivo principal de este estudio fue conocer la variación horaria del tránsito e identificar la hora de máxima demanda (HMD).

En el cuadro siguiente se puede observar el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) clasificado por tipo de vehículo: "A" auto utilitario, tipo "B" autobús; y tipo "C" camión, en los flujos identificados no se duplica el TDPA.

Tabla. TDPA por origen – destino.

No.	Origen-Destino	Auto	Autobús	Camión	Total
1	Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	767	17	28	812
		94.46%	2.11%	3.44%	100.00%
2	Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	1,341	17	37	1,395
		96.14%	1.22%	2.65%	100.00%
3	Mecapalapa - Metlatoyuca	861	29	36	926
		92.98%	3.12%	3.89%	100.00%
TOTAL		<b>2,969</b>	<b>63</b>	<b>101</b>	<b>3,133</b>

FUENTE. Elaboración propia con base en información de la ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

### **Aforos Automáticos – Comportamiento Semanal**

Los aforos automáticos representan el comportamiento semanal de los viajes detectados en la zona de estudio. Las figuras siguientes presentan el comportamiento semanal de los viajes para cada uno de los puntos aforados en la zona.

Para el análisis de la demanda se consideraron los 3 puntos relevantes en donde la cantidad de vehículos cambia debido a las incorporaciones o desincorporaciones existente a lo largo del tramo los cuales se presentan a continuación:

- Tramo 1: Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México del Km 0+000 al km 11+070.
- Tramo 2: Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa del Km 11+070 al 19+180
- Tramo 3: Mecapalapa - Metlatoyuca del Km 19+180 al 49+700

Aforo automático semanal, estación 01 Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México. Ambos sentidos

**ESTACION:** Estacion Villa Lázaro Cárdenas  
**UBICACIÓN :** Carretera Estatal 101  
 Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México  
**SENTIDO:** 2 (ambos)

### RESUMEN SEMANAL

FECHA	AUTOS	BUSES	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	TOTAL
<b>lunes 23 de noviembre de 2020</b>	649	14	14	7	0	0	0	0	0	0	<b>684</b>
<b>martes 24 de noviembre de 2020</b>	705	14	14	7	7	0	0	0	0	0	<b>747</b>
<b>miércoles 25 de noviembre de 2020</b>	761	14	14	7	7	0	0	0	0	0	<b>803</b>
<b>jueves 26 de noviembre de 2020</b>	805	14	21	7	7	0	0	0	0	0	<b>854</b>
<b>viernes 27 de noviembre de 2020</b>	1071	28	28	7	0	0	0	0	0	0	<b>1134</b>
<b>sábado 28 de noviembre de 2020</b>	861	22	21	7	0	0	0	0	0	0	<b>911</b>
<b>domingo 29 de noviembre de 2020</b>	532	14	14	7	0	0	0	0	0	0	<b>567</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5,384</b>	<b>120</b>	<b>126</b>	<b>49</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5,700</b>
<b>SEMANAS AL AÑO (52)</b>	<b>279,968</b>	<b>6,240</b>	<b>6,552</b>	<b>2,548</b>	<b>1,092</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,166</b>
<b>Transito Diario Promedio Anual</b>	<b>767</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>812</b>
<b>(%)</b>	<b>94.46%</b>	<b>2.11%</b>	<b>2.21%</b>	<b>0.86%</b>	<b>0.37%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>100.00%</b>

FUENTE. Elaboración propia con base en información de la ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla (VER ANEXO A)

Aforo automático semanal, estación 01 Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México. Ambos sentidos

# Secretaría de Infraestructura

ESTACION: Estacion Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa  
 UBICACIÓN : Carretera Estatal 101  
 Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa  
 SENTIDO: 2 (ambos)

## RESUMEN SEMANAL

FECHA	AUTOS	BUSES	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	TOTAL
lunes 30 de noviembre de 2020	943	14	14	14	0	0	0	0	0	0	985
martes 1 de diciembre de 2020	1037	14	21	7	0	0	0	0	0	0	1079
miércoles 2 de diciembre de 2020	1223	14	21	7	0	0	0	0	0	0	1265
jueves 3 de diciembre de 2020	1601	21	21	21	0	0	0	0	0	0	1664
viernes 4 de diciembre de 2020	1693	21	28	14	7	0	0	0	0	0	1763
sábado 5 de diciembre de 2020	1877	21	35	7	14	0	0	0	0	0	1954
domingo 6 de diciembre de 2020	1038	14	14	14	0	0	0	0	0	0	1080
<b>TOTAL</b>	<b>9,412</b>	<b>119</b>	<b>154</b>	<b>84</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,790</b>

<b>SEMANAS AL AÑO (52)</b>	<b>489,424</b>	<b>6,188</b>	<b>8,008</b>	<b>4,368</b>	<b>1,092</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16,251</b>
----------------------------	----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------------

<b>Trnsito Diario Promedio Anua</b>	<b>1,341</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,395</b>
-------------------------------------	--------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	--------------

<b>(%)</b>	<b>96.14%</b>	<b>1.22%</b>	<b>1.57%</b>	<b>0.86%</b>	<b>0.21%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>100.00%</b>
------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------------

FUENTE. Elaboración propia con base en información de la ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla (VER ANEXO A)

Aforo automático semanal, estación 01 Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México. Ambos sentidos

ESTACION: Estacion Mecapalapa - Metlatoyuca  
 UBICACIÓN : Carretera Estatal 101  
 Mecapalapa - Metlatoyuca  
 SENTIDO: 2 (ambos)

### RESUMEN SEMANAL

FECHA	AUTOS	BUSES	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	TOTAL
lunes 7 de diciembre de 2020	539	21	14	7	0	0	0	0	0	0	581
martes 8 de diciembre de 2020	854	28	14	7	7	0	0	0	0	0	910
miércoles 9 de diciembre de 2020	959	35	28	14	0	0	0	0	0	0	1036
jueves 10 de diciembre de 2020	1022	35	28	7	7	0	0	0	0	0	1099
viernes 11 de diciembre de 2020	908	28	29	14	0	0	0	0	0	0	979
sábado 12 de diciembre de 2020	1090	35	35	14	0	0	0	0	0	0	1174
domingo 13 de diciembre de 2020	670	21	21	7	0	0	0	0	0	0	719
<b>TOTAL</b>	<b>6,042</b>	<b>203</b>	<b>169</b>	<b>70</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,498</b>

<b>SEMANAS AL AÑO (52)</b>	<b>314,184</b>	<b>10,556</b>	<b>8,788</b>	<b>3,640</b>	<b>728</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10,469</b>
----------------------------	----------------	---------------	--------------	--------------	------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------------

<b>Trnsito Diario Promedio Anua</b>	<b>861</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>926</b>
-------------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------

<b>(%)</b>	<b>92.98%</b>	<b>3.12%</b>	<b>2.60%</b>	<b>1.08%</b>	<b>0.22%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>100.00%</b>
------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------------

FUENTE. Elaboración propia con base en información de la ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla (VER ANEXO A)





**Imagen.** Ubicaciones de las estaciones de aforo automático.



*Fuente: Elaboración propia con información del mapa GOOGLE EARTH*

Coordenadas A 20.466306°, -97.705835°

Coordenadas B 20.493314°, -97.786894°



*Fuente: Elaboración propia con información del mapa GOOGLE EARTH*

Coordenadas A 20.496459°, -97.794536°

Coordenadas B 20.527832°, -97.849847°



Fuente: *Elaboración propia con información del mapa GOOGLE EARTH*

Coordenadas A 20.528275°, -97.849959°

Coordenadas B 20.723731°, -97.843824°

## **TASA DE CRECIMIENTO**

Para el cálculo de la tasa de crecimiento se considera lo establecido en la GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS CARRETEROS, publicados por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), indicado el apartado 2.3 inciso f) Proyección del aforo vehicular en el indica: Debido a que los proyectos carreteros presentan beneficios crecientes en el tiempo, se deberá realizar una proyección a lo largo del tiempo del aforo vehicular o TDPA. La SCT generalmente dispone de tasas de crecimiento vehicular o bien, se puede hacer una estimación haciendo crecer el TDPA base, tomando como base las estimaciones del Producto Interno Bruto (PIB) nacional o estatales.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia\\_proyectos\\_carreteros.pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia_proyectos_carreteros.pdf)

Considerando lo indicado en párrafo anterior la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, pronostica un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), con un rango entre 1.5 y 2.5, la cual se considera para este proyecto de 1.50%<sup>5</sup>

**Tasas de interés** Aumento prolongado de la aversión al riesgo que deje al descubierto una continua acumulación de vulnerabilidades financieras tras varios años de tasas de interés bajas.

**Inflación** Intensificación de presiones desinflacionarias que agraven las dificultades para el servicio de la deuda, restrinjan el margen de la política monetaria para contrarrestar las desaceleraciones y prolonguen más de lo normal los choques adversos.

Fuente: Fondo Monetario Internacional, Perspectivas de la Economía Mundial.

Bajo este escenario global y al disiparse los diversos choques externos e internos que se han presentado en 2019, así como sus efectos negativos en la economía mexicana, de conformidad con los Criterios Generales de Política Económica para 2020 (CGPE 2020), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público pronostica un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) anual situado en un rango entre 1.5 y 2.5%.

Esa proyección está sustentada en el crecimiento anticipado para la producción industrial en los Estados Unidos y la expansión de la demanda externa de nuestro país, en particular lo que se refiere a la producción manufacturera, agropecuaria y a los servicios relacionados con el comercio exterior.

Asimismo, se estima que la demanda y el consumo interno apoyarán al repunte económico a través de la generación de empleos, de mayor inversión privada, la disponibilidad de crédito y una mayor inversión pública en infraestructura, así como el apoyo al capital productivo y consumo privado con la puesta en marcha del Programa "Acciones para Apoyar a la Economía", que contará con recursos por 485 mil millones de pesos.

El mejoramiento de las condiciones externas y la menor incertidumbre ante las políticas implementadas por el Gobierno Federal disiparán las presiones inflacionarias, de tal manera que se prevé que al cierre de 2020 la inflación anual se ubique 3.0%, cifra consistente con la anunciada por el Banco de México.

Marco Macroeconómico 2020	
Principales Variables	Estimado 2020
Producto Interno Bruto (crecimiento % real, rango)	1.5-2.5
Inflación (Variación % INPC dic./dic.)	3.0
Cuenta Corriente (% del PIB)	-1.8

FUENTE: Elaboración propia con base en información de la Ley de Ingresos del Estado de Puebla.

## Nivel de Servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de Nivel de Servicio.

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que correspondan a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

Los Niveles de Servicio se explican a continuación:

<sup>5</sup> Ley de Ingresos del Estado de Puebla 2020

## **Nivel de Servicio A**

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

## **Nivel de Servicio B**

Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobrar. El nivel de comodidad y conveniencia comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

## **Nivel de Servicio C**

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

## **Nivel de Servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

## **Nivel de Servicio E**

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

**Para efectos del presente proyecto, se considera el nivel de servicio tipo “C”.**

## D. INTERACCIÓN DE LA OFERTA – DEMANDA.

Para poder realizar el análisis de la interacción de la oferta y la demanda se consideraron los siguientes supuestos:

- Tasa social de descuento del 10%,<sup>6</sup>
- Horizonte de evaluación de 21 años (1 ejecución y 20 de vida útil).<sup>7</sup>
- La tasa de crecimiento del TDPA de 1.50 % anual.

Dependiendo de las características de oferta de la carretera, así como el flujo vehicular que por ella circula, la interacción entre la oferta y la demanda se ve representada a través de la velocidad de circulación, los tiempos de recorrido, reflejados en los costos generalizados de viaje en que incurren dichos vehículos.

A continuación, se muestra el comportamiento de las variables de velocidad (km/hr), costos de operación vehicular (COV), costos de tiempo de recorrido (CTR) y los costos generalizados de viaje (CGV) diferenciados para cada uno de los tramos aforados, y proyectado en su conjunto a lo largo del horizonte de evaluación.

### Velocidades de circulación

Para obtener la velocidad de operación se realizó un estudio de campo para determinar el tiempo de recorrido por tramo y tipo de vehículo.

### **Método de cálculo de la velocidad de circulación**

---

<sup>6</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio\\_tasa\\_social\\_de\\_descuento.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf)

<sup>7</sup> <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>

La velocidad de operación actual para cada tramo está en relación a la longitud del mismo y al tiempo de recorrido. Se puede calcular por medio de los métodos de seguimiento de las placas o de vehículo flotante. Con base en ellos se registra el tiempo promedio de recorrido que, junto con la distancia, permite estimar la velocidad de operación.

Para el año base la velocidad de operación se calcula para cada tramo del camino y por tipo de vehículo como sigue:

$$V_{i,j} = \frac{L_j}{T_{i,j}}$$

Dónde:

- $V_{i,j}$  es la velocidad para el tipo de vehículo  $i$  en un tramo  $j$
- $L_j$  es la longitud del tramo  $j$
- $T_{i,j}$  es el tiempo de recorrido del tipo de vehículo en un tramo  $j$  registrado en el estudio de campo

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular por tipo de Vehículo, situación actual

	AÑO	Velocidades		
		A	B	C
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	0	42.88	40.25	37.95
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	0	41.98	38.65	36.12
Mecapalapa - Metlatoyuca	0	41.09	41.07	38.92

FUENTE: Memoria de Cálculo (VELOCIDAD Y COV), Secretaría de Infraestructura

Las velocidades actuales en la carretera son reducidas debido a las características físicas de los tramos en estudio.

### Tiempo de Recorrido (minutos)

Los tiempos de recorrido en los tramos de estudio derivados de las velocidades que se presentan son:

**Tabla.** Tiempos de recorrido por tipo de vehículo en situación actual.

	Tiempo de Recorrido (minutos)		
	A	B	C
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	15.49	16.50	17.50
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	11.59	12.59	13.47
Mecapalapa - Metlatoyuca	44.57	44.59	47.05

FUENTE: Memoria de Cálculo (S-ACTUAL), Secretaría de Infraestructura

## Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular (COV) consideran los costos de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular, de depreciación del vehículo, entre otros factores importantes. Los COV son medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino.

Los COV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular (COV) por Flujos de circulación, situación actual

	AÑO	COV			TOTAL
		A	B	C	
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	0	27,876,421	2,095,445	3,372,917	33,344,782
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	0	32,967,205	1,472,419	3,138,594	37,578,218
Mecapalapa - Metlatoyuca	0	82,485,763	9,603,861	11,768,584	103,858,209

*FUENTE: Memoria de Cálculo (S-ACTUAL), Secretaria de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*

## Costos Tiempo de Recorrido

Los costos por tiempo de recorrido (CTR) consideran los costos del TDPA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los CTR se consideraron los parámetros establecidos en la ingeniería de tránsito de las velocidades registradas en los días más representativos. Asimismo, se consideró el valor social del tiempo del año 2021 para viajes de trabajo y de placer establecido para el estado de Puebla publicado por el Instituto Mexicano del Transporte.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los parámetros considerados en el modelo relacionados con el tiempo.

**Parámetros Considerados para el estado de Puebla.**

CONFIGURACIÓN VALOR DEL TIEMPO		
Valor del tiempo viaje de trabajo	69.00	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	41.40	\$/hr
% de viajeros por motivo de trabajo	60%	
Número de pasajeros auto	2.86	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	19.37	ton/veh
Tasa de Descuento	10%	



Fuente: Boletín técnico 189 Instituto Mexicano del Transporte. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, para el estado de Puebla 2021 (<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=525&IdBoletin=189>)

Los CTR se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**Tabla. Costos Tiempo de Recorrido, situación actual**

	AÑO	CTR			TOTAL
		A	B	C	
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	0	11,984,906	2,037,922	863,708	14,886,537
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	0	15,678,339	1,542,038	878,497	18,098,875
Mecalapa - Metlatoyuca	0	38,710,933	9,316,568	2,997,458	51,024,958

FUENTE: Memoria de Cálculo (S-ACTUAL), Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

## Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) se definen como el costo en el que incurren los usuarios de la carretera. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), u el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo: combustible, neumáticos, lubricantes, entre otros)

Los CGV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**Tabla. Costos Generalizados de Viaje, situación actual.**

	AÑO	CGV			TOTAL
		A	B	C	
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	0	39,861,327	4,133,367	4,236,625	48,231,319
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	0	48,645,545	3,014,457	4,017,091	55,677,093
Mecalapa - Metlatoyuca	0	121,196,696	18,920,429	14,766,042	154,883,167

FUENTE: Memoria de Cálculo (S-ACTUAL), Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

### III. SITUACIÓN SIN EL PPI

Para realizar la evaluación socioeconómica del proyecto se tomarán en cuenta los costos y los beneficios atribuibles al proyecto para determinar su rentabilidad, para lo cual se parte de los siguientes supuestos:

- La evaluación socioeconómica se realiza bajo los supuestos y lineamientos establecidos por la UI-SHCP publicados en el Diario Oficial de la Federación.
- El Horizonte de evaluación es de 21 años, considerando 1 año de construcción y 20 años de operación.
- Tasa social de descuento del 10%, la cual es utilizada por la UI-SHCP.
- Se utilizaron precios constantes de 2021 a lo largo del horizonte de evaluación.
- Para la estimación de los COV se utilizó la publicación del Boletín de la Publicación Técnica No. 590 del IMT “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2020”
- Para la cuantificación del Tiempo de Recorrido (TR) se consideró un valor del tiempo de 69.00 para viajes de trabajo y de 41.40 para viajes de placer, de acuerdo al Boletín de Notas del IMT 189.
- Los costos de mantenimiento son datos paramétricos del Gobierno del Estado.
- Para la estimación de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, se utilizó una tasa de crecimiento de 1.5%

#### a) OPTIMIZACIONES

Para no atribuirle beneficios que no le corresponden al proyecto, se requiere determinar si existen alternativas de menor costo que permitan mejorar la situación actual de acuerdo a lo señalado en los lineamientos establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Las acciones de optimización son acciones administrativas, técnicas u operativas en caso de que no se lleve a cabo el proyecto de inversión. Los trabajos de la medida de optimización consideran trabajos de hasta el 10% del monto total de la inversión.<sup>8</sup>

Para mejorar la situación actual se identifica como medida de optimización para el tramo que se encuentra pavimentado:

- Bacheo emergente con carpeta asfáltica con espesor de 5 cm de espesor
- Reconstrucción de pavimento (carpeta de 5 cm, en tramos aislados)

---

<sup>8</sup> Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF 30 de diciembre de 2013.

- Mejoramiento del señalamiento horizontal y vertical actual.
- Rehabilitación de cunetas
- Rehabilitación de alcantarilla

La inversión requerida para implementar las medidas de optimización descritas es de \$ 9.97 MDP considerar el impuesto por el valor agregado conforme se desglosa a continuación:

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Importe S/IVA
BACHEO EMERGENTE CON CARPETA ASFÁLTICA CON ESPESOR DE 5 CM DE ESPESOR	M2	13,156.87	209.21	2,752,548.77
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO (CARPETA DE 5 CM, EN TRAMOS AISLADOS)	M2	8,753.45	462.37	4,047,332.68
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CENTRAL DE 10 CM DE ANCHO)	ML	6,954.00	6.53	45,409.62
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑAL PREVENTIVA, RESTRICTIVA E INFORMATIVA )	PZA	50.00	808.29	40,414.55
REHABILITACIÓN DE CUNETAS	ML	5,759.00	257.06	1,480,408.54
REHABILITACIÓN DE ALCANTARILLA	M2	120.00	1,881.19	225,742.80
			<b>Subtotal</b>	8,591,856.96
			<b>IVA 16%</b>	1,374,697.11
			<b>TOTAL</b>	9,966,554.07

FUENTE: Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla.

## b) ANÁLISIS DE LA OFERTA O INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La oferta en la situación sin proyecto al igual que en la situación actual presenta las siguientes características físicas de las vialidades.

**Tabla. Características de la situación optimizada**

Características	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Tipo de terreno	Montañoso	Montañoso	Montañoso
Cadenamiento	0+000 al 11+070	11+070 al 19+180	19+180 al 49+700
Longitud (m)	11,070	8,110	30,520
Ancho de carril (m)	3.55	3.55	3.55
Numero de sentidos	2	2	2
Carriles de circulación	1	1	1
Ancho de Corona (m) (promedio)	7.10	7.10	7.10
Ancho de Calzada (m) (promedio)	7.10	7.10	7.10
Tipo de superficie	Asfáltico	Asfáltico	Asfáltico
Estado físico	Regular Estado	Regular Estado	Regular Estado

Índice Rugosidad Internacional (IRI) m/km	8	6	7.00
Carretera Tipo	C	C	C
Acotamientos	NO	NO	NO
Velocidad de Diseño (Km./hr.)	60	60	60
Velocidad de operación (Km./hr.)	47.55	45.54	47.42
Tiempo de recorrido (min.)	13.98	10.69	38.62
Pendiente Maxima (%)	8	8	8
Grado maximo de curvatura (°)	17	17	17
Cunetas	Regular Estado	Regular Estado	Regular Estado
Señalización Vertical	Regular Estado	Regular Estado	Regular Estado
Señalización horizontal	Regular Estado	Regular Estado	Regular Estado

FUENTE: Elaboración propia con información de la Secretaría de Infraestructura

## c) ANÁLISIS DE LA DEMANDA SIN PROYECTO

Con la implementación de las medidas de optimización no se espera un impacto en la demanda actual, por lo que a continuación se presenta la demanda estimada por tipo de vehículo para un horizonte de evaluación de 20 años y por tramo se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla. TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación sin el proyecto TRAMO 1**

Horizonte de Evaluación	A	B	C	TOTAL
0	767	17	28	812
1	778	17	28	823
2	790	18	29	837
3	802	18	29	849
4	814	18	30	862
5	826	18	30	874
6	839	19	31	889
7	851	19	31	901
8	864	19	31	914
9	877	20	32	929
10	891	20	32	943
11	904	20	33	957
12	917	20	33	970
13	931	21	34	986
14	946	21	34	1,001
15	960	21	35	1,016
16	974	22	35	1,031
17	988	22	36	1,046
18	1,003	22	37	1,062
19	1,018	23	37	1,078
20	1,033	23	38	1,094

FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)

**Tabla. TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación sin el proyecto TRAMO 2**

Horizonte de Evaluación	A	B	C	TOTAL
0	1,341	17	37	1,395
1	1,361	17	37	1,415
2	1,382	17	38	1,437
3	1,403	18	39	1,460
4	1,424	18	39	1,481
5	1,445	18	40	1,503
6	1,467	19	40	1,526
7	1,489	19	41	1,549
8	1,511	19	42	1,572
9	1,534	19	42	1,595
10	1,557	20	43	1,620
11	1,581	20	43	1,644
12	1,605	20	44	1,669
13	1,629	21	45	1,695
14	1,653	21	45	1,719
15	1,678	21	46	1,745
16	1,703	22	47	1,772
17	1,729	22	48	1,799
18	1,755	22	48	1,825
19	1,780	23	49	1,852
20	1,807	23	50	1,880

FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)

**Tabla. TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación sin el proyecto TRAMO 3**

Horizonte de Evaluación	A	B	C	TOTAL
0	861	29	36	926
1	874	29	37	940
2	887	30	37	954
3	900	30	38	968
4	914	31	38	983
5	928	31	39	998
6	941	32	39	1,012
7	956	32	40	1,028
8	970	33	41	1,044
9	984	33	41	1,058
10	999	34	42	1,075
11	1,014	34	42	1,090
12	1,029	35	43	1,107
13	1,045	35	44	1,124
14	1,061	36	44	1,141
15	1,076	36	45	1,157
16	1,093	37	46	1,176
17	1,109	37	46	1,192
18	1,126	38	47	1,211
19	1,143	38	48	1,229
20	1,160	39	49	1,248

FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)

## d) INTERACCIÓN DE LA OFERTA - DEMANDA

Para poder realizar el análisis de la interacción de la oferta y la demanda se consideraron los siguientes supuestos:

- Tasa social de descuento del 10%,<sup>9</sup>
- Horizonte de evaluación de 21 años (1 ejecución y 20 de vida útil).<sup>10</sup>
- La tasa de crecimiento del TDPA de 1.50 % anual.

A continuación, se muestra el comportamiento de las variables de velocidad (km/hr), costos de operación vehicular (COV), costos de tiempo de recorrido (CTR) y los costos generalizados de viaje (CGV) diferenciados para cada uno de los tramos aforados, y proyectado en su conjunto a lo largo del horizonte de evaluación.

### Velocidades de circulación

En la siguiente tabla se observa el comportamiento de las velocidades, resultado de la puesta en marcha de la medida de optimización. Con ella se tendrán incrementos en las velocidades.

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación **TRAMO 1**

AÑO	A	B	C	Velocidad de Operación Promedio (km/hr)
0				
1	48.91	47.44	46.29	45.96
2	48.18	44.95	44.74	45.96
3	47.47	44.95	44.74	45.72
4	46.78	44.95	43.30	45.01
5	46.11	44.95	43.30	44.79
6	45.41	42.70	41.95	43.35
7	44.78	42.70	41.95	43.14
8	44.12	42.70	41.95	42.92
9	43.48	40.67	40.68	41.61
10	42.81	40.67	40.68	41.39
11	42.20	40.67	39.48	40.78
12	41.61	40.67	39.48	40.59
13	40.99	38.82	38.35	39.39

<sup>9</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio\\_tasa\\_social\\_de\\_descuento.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf)

<sup>10</sup> <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>

AÑO	A	B	C	Velocidad de Operación Promedio (km/hr)
14	40.35	38.82	38.35	39.17
15	39.77	38.82	37.28	38.62
16	39.21	37.13	37.28	37.87
17	38.66	37.13	36.27	37.35
18	38.09	37.13	35.32	36.85
19	37.54	35.58	35.32	36.15
20	37.00	35.58	34.41	35.66

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo

**Tabla. Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación TRAMO 2**

AÑO	A	B	C	Velocidad de Operación Promedio (km/hr)
0				
1	46.52	46.04	44.08	45.54
2	45.82	46.04	42.95	44.94
3	45.14	43.62	41.88	43.55
4	44.48	43.62	41.88	43.33
5	43.84	43.62	40.86	42.77
6	43.19	41.44	40.86	41.83
7	42.56	41.44	39.89	41.30
8	41.95	41.44	38.96	40.78
9	41.33	41.44	38.96	40.58
10	40.73	39.47	38.07	39.42
11	40.12	39.47	38.07	39.22
12	39.53	39.47	37.22	38.74
13	38.96	37.68	36.41	37.68
14	38.40	37.68	36.41	37.50
15	37.84	37.68	35.64	37.05
16	37.29	36.04	34.90	36.08
17	36.74	36.04	34.19	35.66
18	36.20	36.04	34.19	35.48
19	35.70	34.54	33.51	34.58
20	35.17	34.54	32.85	34.19

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo

**Tabla. Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación TRAMO 3**

AÑO	A	B	C	Velocidad de Operación Promedio (km/hr)
0				
1	46.63	48.16	47.47	47.42
2	45.96	46.61	47.47	46.68
3	45.31	46.61	46.25	46.06
4	44.63	45.15	46.25	45.34
5	43.97	45.15	45.09	44.74
6	43.37	43.78	45.09	44.08
7	42.70	43.78	43.99	43.49
8	42.09	42.49	42.94	42.51
9	41.50	42.49	42.94	42.31

AÑO	A	B	C	Velocidad de Operación Promedio (km/hr)
10	40.89	41.28	41.94	41.37
11	40.29	41.28	41.94	41.17
12	39.71	40.13	40.99	40.28
13	39.11	40.13	40.08	39.77
14	38.53	39.05	40.08	39.22
15	38.00	39.05	39.21	38.75
16	37.42	38.02	38.38	37.94
17	36.89	38.02	38.38	37.76
18	36.34	37.05	37.58	36.99
19	35.81	37.05	36.81	36.56
20	35.29	36.12	36.07	35.83

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo

### Costos de Operación Vehicular

Con la medida de optimización los costos de operación vehicular (COV) disminuirán, lo anterior derivado a la disminución del desgaste del vehículo, del consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de menor desgaste de llantas, de mantenimiento vehicular, y de depreciación del vehicular, entre otros factores importantes.

En las siguientes tablas se muestran los COV, medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino, resultado de la puesta en marcha de la medida de optimización.

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

### Tramo 1

AÑOS	Sit. Optimizada			
	A	B	C	TOTAL
0				
1	27,034,512	2,047,630	3,315,999	32,398,140
2	27,863,269	2,200,599	3,485,944	33,549,812
3	28,710,806	2,233,608	3,538,233	34,482,647
4	29,577,500	2,267,113	3,715,144	35,559,757
5	30,463,735	2,301,119	3,770,871	36,535,726
6	31,407,337	2,465,394	3,955,016	37,827,746
7	32,334,396	2,502,375	4,014,341	38,851,111
8	33,320,766	2,539,910	4,074,556	39,935,232
9	34,329,452	2,713,694	4,269,083	41,312,228
10	35,400,632	2,754,399	4,333,119	42,488,151
11	36,455,897	2,795,715	4,535,557	43,787,169
12	37,534,855	2,837,651	4,603,591	44,976,096
13	38,679,524	3,024,226	4,814,240	46,517,990
14	39,892,258	3,069,590	4,886,453	47,848,301
15	41,089,869	3,115,633	5,105,625	49,311,128



AÑOS	Sit. Optimizada			TOTAL
	A	B	C	
16	42,314,433	3,312,957	5,182,210	50,809,600
17	43,566,489	3,362,651	5,410,227	52,339,367
18	44,891,342	3,413,091	5,643,919	53,948,352
19	46,246,138	3,621,755	5,728,577	55,596,471
20	47,631,478	3,676,081	5,971,655	57,279,214

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

## Tramo 2

AÑOS	Sit. Optimizada			TOTAL
	A	B	C	
0				
1	32,270,401	1,452,812	3,084,239	36,807,452
2	33,259,853	1,474,604	3,215,111	37,949,568
3	34,271,727	1,584,766	3,349,215	39,205,708
4	35,306,474	1,608,537	3,399,453	40,314,465
5	36,364,553	1,632,665	3,538,918	41,536,136
6	37,471,973	1,749,220	3,592,002	42,813,194
7	38,604,434	1,775,458	3,737,029	44,116,921
8	39,762,437	1,802,090	3,885,599	45,450,126
9	40,973,205	1,829,121	3,943,883	46,746,208
10	42,211,349	1,954,271	4,098,352	48,263,972
11	43,504,935	1,983,585	4,159,827	49,648,348
12	44,827,832	2,013,339	4,320,415	51,161,587
13	46,180,627	2,145,716	4,484,886	52,811,229
14	47,563,920	2,177,902	4,552,159	54,293,981
15	49,007,526	2,210,571	4,723,118	55,941,215
16	50,483,739	2,350,573	4,898,181	57,732,494
17	52,023,301	2,385,832	5,077,434	59,486,567
18	53,597,690	2,421,619	5,153,595	61,172,905
19	55,176,608	2,569,668	5,339,876	63,086,153
20	56,853,760	2,608,214	5,530,586	64,992,560

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla.** Costos de Operación Vehicular a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

## Tramo 3

AÑOS	Sit. Optimizada			TOTAL
	A	B	C	
0				
1	80,859,018	9,478,410	11,843,780	102,181,208

AÑOS	Sit. Optimizada			TOTAL
	A	B	C	
2	83,292,652	9,952,331	12,021,436	105,266,420
3	85,781,103	10,101,616	12,531,535	108,414,253
4	88,422,207	10,594,911	12,719,508	111,736,627
5	91,123,245	10,753,835	13,250,046	115,127,125
6	93,785,752	11,267,244	13,448,796	118,501,792
7	96,709,954	11,436,252	14,000,542	122,146,748
8	99,598,102	11,970,540	14,565,814	126,134,455
9	102,551,134	12,150,098	14,784,301	129,485,533
10	105,676,130	12,706,057	15,372,067	133,754,254
11	108,871,801	12,896,648	15,602,648	137,371,097
12	112,139,566	13,475,100	16,213,752	141,828,418
13	115,591,481	13,677,227	16,839,678	146,108,386
14	119,121,722	14,279,025	17,092,273	150,493,020
15	122,617,905	14,493,210	17,742,945	154,854,061
16	126,423,505	15,119,237	18,409,291	159,952,032
17	130,198,282	15,346,025	18,685,430	164,229,737
18	134,177,019	15,997,194	19,378,010	169,552,223
19	138,245,824	16,237,152	20,087,163	174,570,139
20	142,406,503	16,914,412	20,813,230	180,134,145

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

### Costos Tiempo de Recorrido

Los usuarios experimentarán en el corto plazo un aumento marginal en los tiempos de recorrido con la medida de optimización. Los ahorros (CTR) consideran los costos del TPDA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

En las siguientes tablas se muestran los CTR, resultado de la puesta en marcha de la medida de optimización.

**Tabla.** Costos por Tiempo de Recorrido a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

### Tramo 1

	Sit. Optimizada			TOTAL
	A	B	C	
0	-	-	-	-
1	10,657,791	1,719,447	710,187	13,087,425
2	10,986,188	1,921,559	760,963	13,668,709
3	11,319,881	1,921,559	760,963	14,002,402
4	11,658,721	1,921,559	813,382	14,393,662
5	12,002,498	1,921,559	813,382	14,737,439
6	12,379,331	2,135,190	867,543	15,382,064

Sit. Optimizada				
	A	B	C	TOTAL
7	12,733,043	2,135,190	867,543	15,735,776
8	13,120,940	2,135,190	867,543	16,123,674
9	13,514,400	2,359,754	923,486	16,797,640
10	13,945,022	2,359,754	923,486	17,228,261
11	14,353,000	2,359,754	981,292	17,694,046
12	14,765,846	2,359,754	981,292	18,106,891
13	15,218,032	2,595,820	1,040,818	18,854,670
14	15,708,486	2,595,820	1,040,818	19,345,124
15	16,173,439	2,595,820	1,102,182	19,871,441
16	16,643,660	2,843,207	1,102,182	20,589,050
17	17,123,077	2,843,207	1,165,242	21,131,527
18	17,643,172	2,843,207	1,229,822	21,716,202
19	18,169,385	3,101,935	1,229,822	22,501,143
20	18,706,189	3,101,935	1,296,463	23,104,588

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla.** Costos por Tiempo de Recorrido a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

## Tramo 2

Sit. Optimizada				
	A	B	C	TOTAL
0	-	-	-	-
1	14,360,768	1,298,183	721,994	16,380,944
2	14,805,153	1,298,069	760,948	16,864,170
3	15,256,541	1,450,678	800,926	17,508,144
4	15,714,666	1,450,678	800,926	17,966,270
5	16,179,208	1,450,678	841,969	18,471,855
6	16,672,736	1,611,825	841,969	19,126,530
7	17,173,271	1,611,825	884,004	19,669,101
8	17,680,415	1,611,825	927,182	20,219,422
9	18,218,806	1,611,825	927,182	20,757,813
10	18,764,377	1,781,340	971,449	21,517,167
11	19,343,315	1,781,340	971,449	22,096,105
12	19,930,040	1,781,340	1,016,742	22,728,123
13	20,524,004	1,959,262	1,062,983	23,546,249
14	21,130,101	1,959,262	1,062,983	24,152,346
15	21,767,111	1,959,262	1,110,081	24,836,453
16	22,417,244	2,145,962	1,158,263	25,721,468
17	23,100,203	2,145,962	1,207,471	26,453,636
18	23,797,345	2,145,962	1,207,471	27,150,778
19	24,474,382	2,340,936	1,257,640	28,072,958
20	25,220,038	2,340,936	1,309,089	28,870,063

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla.** Costos por Tiempo de Recorrido a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

## Tramo 3

	Sit. Optimizada			
	A	B	C	TOTAL
0	-	-	-	-
1	34,622,640	7,965,665	2,523,053	45,111,359
2	35,650,632	8,515,103	2,522,788	46,688,522
3	36,692,058	8,515,103	2,659,317	47,866,478
4	37,830,575	9,083,468	2,659,317	49,573,359
5	38,986,580	9,083,468	2,799,514	50,869,561
6	40,079,642	9,669,899	2,799,514	52,549,055
7	41,357,440	9,669,899	2,943,095	53,970,434
8	42,571,253	10,274,837	3,090,438	55,936,529
9	43,799,649	10,274,837	3,090,438	57,164,924
10	45,130,693	10,896,498	3,241,299	59,268,491
11	46,490,511	10,896,498	3,241,299	60,628,308
12	47,867,320	11,538,427	3,395,383	62,801,131
13	49,357,381	11,538,427	3,553,229	64,449,037
14	50,867,454	12,196,331	3,553,229	66,617,014
15	52,306,096	12,196,331	3,714,616	68,217,042
16	53,956,032	12,874,707	3,879,280	70,710,019
17	55,532,410	12,874,707	3,879,280	72,286,396
18	57,237,031	13,568,852	4,047,989	74,853,872
19	58,961,095	13,568,852	4,220,595	76,750,542
20	60,719,748	14,284,485	4,396,916	79,401,149

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo (Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

## Costos Generalizados de Viaje

En las siguientes tablas se muestra la interacción de la Oferta-Demanda, estimando el TPDA, los Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación:

**Tabla.** Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.

	Sit. Optimizada			
	A	B	C	TOTAL
0	-	-	-	-
1	37,692,303	3,767,077	4,026,185	45,485,565
2	38,849,457	4,122,158	4,246,906	47,218,521
3	40,030,687	4,155,167	4,299,195	48,485,050
4	41,236,221	4,188,671	4,528,527	49,953,419
5	42,466,233	4,222,678	4,584,254	51,273,165
6	43,786,668	4,600,584	4,822,559	53,209,810
7	45,067,438	4,637,565	4,881,884	54,586,887
8	46,441,706	4,675,100	4,942,099	56,058,906
9	47,843,852	5,073,447	5,192,569	58,109,868
10	49,345,654	5,114,152	5,256,606	59,716,412
11	50,808,898	5,155,468	5,516,849	61,481,215
12	52,300,701	5,197,404	5,584,883	63,082,987
13	53,897,556	5,620,046	5,855,058	65,372,660

14	55,600,744	5,665,410	5,927,272	67,193,425
15	57,263,308	5,711,453	6,207,808	69,182,569
16	58,958,093	6,156,164	6,284,392	71,398,650
17	60,689,566	6,205,859	6,575,469	73,470,894
18	62,534,514	6,256,298	6,873,741	75,664,554
19	64,415,524	6,723,690	6,958,400	78,097,613
20	66,337,667	6,778,016	7,268,118	80,383,802

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo (Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación sin proyecto.**

### Tramo 2

Sit. Optimizada				
	A	B	C	TOTAL
0	-	-	-	-
1	46,631,169	2,750,995	3,806,233	53,188,396
2	48,065,006	2,772,673	3,976,059	54,813,738
3	49,528,268	3,035,443	4,150,142	56,713,853
4	51,021,141	3,059,215	4,200,380	58,280,735
5	52,543,761	3,083,343	4,380,887	60,007,991
6	54,144,709	3,361,045	4,433,971	61,939,724
7	55,777,705	3,387,283	4,621,033	63,786,021
8	57,442,852	3,413,915	4,812,781	65,669,547
9	59,192,010	3,440,946	4,871,065	67,504,021
10	60,975,726	3,735,612	5,069,801	69,781,139
11	62,848,250	3,764,926	5,131,276	71,744,452
12	64,757,872	3,794,680	5,337,158	73,889,710
13	66,704,631	4,104,978	5,547,869	76,357,478
14	68,694,021	4,137,164	5,615,142	78,446,327
15	70,774,637	4,169,832	5,833,199	80,777,668
16	72,900,983	4,496,535	6,056,444	83,453,962
17	75,123,504	4,531,794	6,284,905	85,940,202
18	77,395,035	4,567,581	6,361,067	88,323,683

FUENTE.  
con base a memoria  
en pesos,  
decimales)

Elaboración propia  
de cálculo (Cifras  
redondeados sin

**Tabla. Costos  
de Viaje a lo  
horizonte de  
situación sin  
Tramo 3**

Generalizados  
largo del  
evaluación,  
proyecto.

Sit. Optimizada				
	A	B	C	TOTAL
0	-	-	-	-
1	115,481,658	17,444,076	14,366,833	147,292,567
2	118,943,284	18,467,433	14,544,224	151,954,942
3	122,473,161	18,616,718	15,190,852	156,280,732
4	126,252,782	19,678,379	15,378,825	161,309,986
5	130,109,825	19,837,302	16,049,560	165,996,687
6	133,865,394	20,937,143	16,248,310	171,050,847
7	138,067,394	21,106,152	16,943,637	176,117,182
8	142,169,355	22,245,377	17,656,252	182,070,984
9	146,350,783	22,424,935	17,874,739	186,650,457
10	150,806,823	23,602,555	18,613,366	193,022,745
11	155,362,312	23,793,146	18,843,947	197,999,405
12	160,006,886	25,013,528	19,609,135	204,629,549

# Secretaría de Infraestructura

13	164,948,861	25,215,654	20,392,907	210,557,423
14	169,989,176	26,475,356	20,645,502	217,110,034
15	174,924,001	26,689,541	21,457,561	223,071,103
16	180,379,537	27,993,943	22,288,571	230,662,051
17	185,730,691	28,220,732	22,564,710	236,516,133
18	191,414,050	29,566,046	23,425,999	244,406,095
19	197,206,919	29,806,004	24,307,758	251,320,681
20	203,126,251	31,198,898	25,210,146	259,535,295

FUENTE. Elaboración propia con base a memoria de cálculo (Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

## e) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la “RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA.”, las autoridades del Gobierno Estatal han analizado diversas alternativas de solución para su implementación. Dichas alternativas consideran aspectos económicos, técnicos y operativos fundamentalmente.

En este sentido, con el fin de contribuir a solucionar la problemática señalada y disminuir los costos de operación, la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla, identificó dos **ALTERNATIVAS TÉCNICAS** para la reconstrucción y conservación; la primera alternativa con superficie de pavimento asfáltico y la segunda alternativa con pavimento hidráulico.

Cabe señalar que ambas alternativas de solución son viables técnica y económicamente, y se describen a continuación.

### **Alternativa 1:**

RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA, con **CONCRETO ASFALTICO**

#### *-Descripción de la alternativa-*

Considerando los trabajos de Infraestructura funcional total en los 49.70 km (km 0+000 al km 49+700); 184,000 m<sup>2</sup> de terracerías, 284,710.00 m<sup>2</sup> de conservación de pavimento asfáltico, 68,160.00 m<sup>2</sup> de reconstrucción de pavimento asfáltico, 149,100 m de señalamiento horizontal (raya continua y discontinua de 12 cm), 67 pza de señalamiento vertical (señalamiento preventiva, restrictiva e informativo), 659 ml de construcción de subdrenes (obra de drenaje - alcantarilla de tubo), 10.16 m<sup>2</sup> de construcción de alcantarilla en el km 25+500, km 34+150, km 35+800 y km 42+820 y 477.25 m<sup>2</sup> de muros de contención (mampostería)

#### *-Monto de inversión-*

El monto de inversión considerado para la alternativa es de \$ 99,999,590.68 (novecientos noventa y nueve millones novecientos noventa y nueve mil quinientos noventa pesos 68/100 M.N.) pesos IVA incluido.

En la siguiente tabla se señalan los costos de inversión, de la alternativa 1.

TABLA. Monto de Inversión, Alternativa 1 (Pesos 2021).

Componentes	COMPONENTES				
	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	184,000.00	4.34	798,560.00	926,329.60
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	284,710.00	234.88	66,872,684.80	77,572,314.37
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	68,160.00	234.92	16,012,147.20	18,574,090.75
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	149,100.00	6.53	973,623.00	1,129,402.68
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	67.00	808.354	54,159.72	62,825.27
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	659.00	2,187.46	1,441,536.14	1,672,181.92
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16	1,881.19	19,112.89	22,170.95
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	M2	477.25	72.75	34,719.94	40,275.13
<b>TOTAL</b>				86,206,543.69	99,999,590.68

FUENTE: Componentes proporcionados del Proyecto ejecutivo otorgado por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla.<sup>11</sup>

## -Costos por molestias-

Los cálculos de los costos por molestia son aquellos que se generan durante la ejecución de la obra, siendo el resultando de la diferencia del costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo los efectos de la congestión, menos el costo generalizado de viaje de la situación con proyecto para el mismo periodo de construcción, multiplicado por el número de vehículos que transitan en el tramo.

En este contexto, el proyecto considera costos por molestias, es decir, costos generalizados de viaje (CGV's) adicionales que experimenta el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión.<sup>12</sup> Los costos son percibidos por los usuarios, en el TDPA, por disminución de velocidades de recorrido, aumento en los tiempos de traslado, lo cual se refleja en mayores costos de operación y de tiempo de recorrido.

Finalmente, los costos en que incurre el TDPA en el momento de la inversión se registra como la diferencia de los CGV's entre la situación actual y situación optimizada, es decir, los costos adicionales

<sup>11</sup> Costos integrados al Catálogo de Conceptos del Estado de Puebla, así como cada uno de los componentes está soportado por el Proyecto Ejecutivo El Gobierno del Estado tiene conocimiento de sujetarse a parámetros de la SHCP

<sup>12</sup> CEPE Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. (2008) Costos por Molestias, pag 13) <https://www.cepep.gob.mx/>



en que incurre el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión, como se muestra a continuación.

**TABLA. COSTOS POR MOLESTIAS DE LA ALTERNATIVA 1:**

Costos	Monto (mdp)
Costos por molestias TRAMO 1	5.91
Costos por molestias TRAMO 2	4.82
Costos por molestias TRAMO 3	16.09

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

### -Costos de Mantenimiento-

Los costos considerados para el proyecto de inversión contemplan los trabajos de: mantenimiento Rutinario; mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello); y mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta). En la siguiente tabla se muestra los costos unitarios por kilómetro para un carril, así como el monto anual estimado en función de la periodicidad del mantenimiento.

Los costos de mantenimientos considerados para esta alternativa son los siguientes:

**TABLA. Monto de Mantenimiento, Alternativa 1 (Pesos 2021).**

Concepto <sup>13</sup>	Sin IVA	Periodicidad	\$/km/carril	Mant. Total Tramo 1	Mant. Total Tramo 2	Mant. Total Tramo 3
Mantenimiento Rutinario	34,282	Anual	\$/km/carril	759,009.90	556,058.74	2,092,590.98
Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello)	119,988	c / 4 años	\$/km/carril	2,656,534.32	1,946,205.36	7,324,067.52
Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta)	589,655	c / 8 años	\$/km/carril	13,054,968.56	9,564,209.13	35,992,560.12

Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla<sup>14</sup>

Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento básico que incluye la limpieza general y reparación de pequeñas desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo.	Anual desde el inicio de operaciones.
Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello)	Obras de drenaje y señalamiento *Pintado de Raya *Señalamiento Vertical *Rehabilitación de alcantarillas y bocas de tormenta Pavimentos *Bacheo profundo aislado *Bacheo superficial aislado	Cada 4 años

<sup>13</sup> El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación, así como su periodicidad indicada en la "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores". [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met\\_Caminos\\_Rurales\\_Parte1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf)

Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
	*Riego de Sello.	
Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta)	Obras de drenaje y señalamiento * Rehabilitación de alcantarillas y bocas de tormenta *Pintado de Raya *Señalamiento Vertical Pavimentos *Bacheo profundo aislado *Bacheo superficial aislado *Sustitución de Carpeta de concreto asfáltico en tramos aislados.	Cada 8 años.

### -Flujo de costos-

Para estimar los indicadores de eficiencia de la alternativa de construcción con pavimento asfáltico, se consideró una vida útil de 20 años, así como los montos de inversión y mantenimiento señalados anteriormente.

Para expresar los costos futuros en valor presente, se aplicó una tasa social de descuento del 10%.

En la siguiente tabla se muestra los flujos del proyecto de la alternativa 1.

**TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Millones de pesos 2021).**

Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>19.44</b>	<b>5.91</b>		25.35	
1			0.76	0.76	26.04
2			0.76	0.76	26.66
3			0.76	0.76	27.23
4			2.66	2.66	29.05
5			0.76	0.76	29.52
6			0.76	0.76	29.95
7			0.76	0.76	30.34
8			13.05	13.05	36.43
9			0.76	0.76	36.75
10			0.76	0.76	37.04
11			0.76	0.76	37.31
12			2.66	2.66	38.15
13			0.76	0.76	38.37
14			0.76	0.76	38.57
15			0.76	0.76	38.76
16			13.05	13.05	41.60

Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
17			0.76	0.76	41.75
18			0.76	0.76	41.88
19			0.76	0.76	42.01
20			2.66	2.66	42.40

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Millones de pesos 2021).

Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>14.95</b>	<b>4.82</b>		19.77	
1			0.56	0.56	20.28
2			0.56	0.56	20.74
3			0.56	0.56	21.15
4			1.95	1.95	22.48
5			0.56	0.56	22.83
6			0.56	0.56	23.14
7			0.56	0.56	23.43
8			9.56	9.56	27.89
9			0.56	0.56	28.12
10			0.56	0.56	28.34
11			0.56	0.56	28.53
12			1.95	1.95	29.15
13			0.56	0.56	29.32
14			0.56	0.56	29.46
15			0.56	0.56	29.59
16			9.56	9.56	31.68
17			0.56	0.56	31.79
18			0.56	0.56	31.89
19			0.56	0.56	31.98
20			1.95	1.95	32.27

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Millones de pesos 2021).

Mecapalapa - Metlaltoyuca					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>51.82</b>	<b>16.09</b>		67.91	
1			2.09	2.09	69.81
2			2.09	2.09	71.54
3			2.09	2.09	73.12
4			7.32	7.32	78.12
5			2.09	2.09	79.42
6			2.09	2.09	80.60
7			2.09	2.09	81.67
8			35.99	35.99	98.46
9			2.09	2.09	99.35
10			2.09	2.09	100.16
11			2.09	2.09	100.89
12			7.32	7.32	103.22
13			2.09	2.09	103.83
14			2.09	2.09	104.38
15			2.09	2.09	104.88
16			35.99	35.99	112.72
17			2.09	2.09	113.13
18			2.09	2.09	113.51
19			2.09	2.09	113.85
20			7.32	7.32	114.94

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

## -Indicador del CAE-

A partir del flujo que se presenta en la tabla anterior, se estimaron los indicadores de eficiencia del proyecto, consistentes en el Valor Actual de los Costos (VAC) y en el Costo Anual Equivalente (CAE), aplicando la tasa de descuento del 10%. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente.

TABLA. Indicadores de eficiencia correspondientes a la Alternativa 1.

Indicador	Valor (mdp 2021) Tramo 1	Valor (mdp 2021) Tramo 2	Valor (mdp 2021) Tramo 3
Valor Actual de los Costos (VAC)	42.40	32.27	114.94
Costo Anual Equivalente (CAE)	4.98	3.79	13.50

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

## Alternativa 2:

RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA., con **CONCRETO HIDRÁULICO**

### -Descripción de la alternativa-

Considerando los trabajos de Infraestructura funcional total en los 49,700 m (km 0+000 al km 49+700); 352,870.00 m2 de terracerías, 352,870.00 m2 de pavimentos (concreto hidráulico), 149,100 m2 de señalamiento horizontal (raya continua y discontinua de 12 cm), 67 m de señalamiento vertical (señalamiento preventiva, restrictiva e informativo), 659 pza de construcción de subdrenes (obra de drenaje - alcantarilla de tubo), 10.16 ml de construcción de alcantarilla en el km 25+500, km 34+150, km 35+800 y km 42+820 y 477.25 m2 de muros de contención (mampostería)

### -Monto de inversión-

El monto de inversión considerado para la alternativa es de \$ 249,482,206.11 pesos IVA incluido.

En la siguiente tabla se señalan los costos de inversión, de la alternativa 2.

TABLA. Monto de Inversión, Alternativa 2 (Pesos 2021).

Componentes	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	352,870.00	4.34	1,531,455.80	1,776,488.73
PAVIMENTOS (CONCRETO HIDRÁULICO)	M2	352,870.00	598.00	211,016,260.00	244,778,861.60
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	149,100.00	6.53	973,623.00	1,129,402.68
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	67.00	808.352	54,159.58	62,825.12
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	659.00	2,187.46	1,441,536.14	1,672,181.92
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16	1,881.19	19,112.89	22,170.95
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	M2	477.25	72.75	34,719.94	40,275.13
<b>TOTAL</b>				<b>215,070,867.35</b>	<b>249,482,206.13</b>

FUENTE: Componentes paramétricos proporcionados por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Puebla.<sup>15</sup>

## -Costos por molestias-

Los cálculos de los costos por molestia son aquellos que se generan durante la ejecución de la obra, siendo el resultando de la diferencia del costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo los efectos de la congestión, menos el costo generalizado de viaje de la situación con proyecto para el mismo periodo de construcción, multiplicado por el número de vehículos que transitan en el tramo.

En este contexto, el proyecto considera costos por molestias, es decir, costos generalizados de viaje (CGV's) adicionales que experimenta el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión.<sup>16</sup> Los costos son percibidos por los usuarios, en el TDPA, por disminución de velocidades de recorrido, aumento en los tiempos de traslado, lo cual se refleja en mayores costos de operación y de tiempo de recorrido.

Finalmente, los costos en que incurre el TDPA en el momento de la inversión se registra como la diferencia de los CGV's entre la situación actual y situación optimizada, es decir, los costos adicionales en que incurre el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión, como se muestra a continuación.

TABLA. COSTOS POR MOLESTIAS DE LA ALTERNATIVA 2:

Costos	Monto (mdp)
Costos por molestias TRAMO 1	5.91
Costos por molestias TRAMO 2	4.82
Costos por molestias TRAMO 3	16.09

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

## -Costos de Mantenimiento-

Los costos considerados para el proyecto de inversión contemplan los trabajos de: conservación normal; reparación mayor; y reconstrucción parcial. En la siguiente tabla se muestra los costos unitarios por kilómetro para un carril, así como el monto anual estimado en función de la periodicidad del mantenimiento.

Los costos de mantenimientos considerados para esta alternativa son los siguientes:

TABLA. Monto de Mantenimiento, Alternativa 2 (Pesos 2021).

<sup>15</sup> Costos integrados al Catálogo de Conceptos del Estado de Puebla, así como cada uno de los componentes está soportado por el Proyecto Ejecutivo El Gobierno del Estado tiene conocimiento de sujetarse a paramétricos a dicho catálogo.

<sup>16</sup> CEPE Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. (2008) Costos por Molestias, pag 13) <https://www.cepep.gob.mx/>.

# Secretaría de Infraestructura

Concepto			
Distancia (km)	11.07		
Tipo de pavimento	HIDRÁULICO		
TIPO DE PAVIMENTO	Monto	periodicidad	
Conservación normal	31,882	705,867.48	anual
	\$/km/carril		
Reconstrucción Parcial de Losas de Concreto	179,982	3,984,801.48	c 10 /años
	\$/km/carril		

Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

Concepto			
Distancia (km)	8.11		
Tipo de pavimento	HIDRÁULICO		
TIPO DE PAVIMENTO	Monto	periodicidad	
Conservación normal	31,882	517,126.04	anual
	\$/km/carril		
Reconstrucción Parcial de Losas de Concreto	179,982	2,919,308.04	c 10 /años
	\$/km/carril		

Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

Concepto			
Distancia (km)	30.52		
Tipo de pavimento	HIDRÁULICO		
TIPO DE PAVIMENTO	Monto	periodicidad	
Conservación normal	31,882	1,946,077.28	anual
	\$/km/carril		
Reconstrucción Parcial de Losas de Concreto	179,982	10,986,101.28	c 10 /años
	\$/km/carril		

Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

Para la conservación Normal se considera una periodicidad anual, donde se realizarán trabajos de limpieza de la superficie de rodamiento y de los acotamientos de la vialidad en operación, con el propósito de eliminar objetos sólidos, material pulverulento, sustancias líquidas y semilíquidas que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

Reconstrucción Parcial de Losas de Concreto para los trabajos de reconstrucción parcial se considera una periodicidad de 10 años, cuyas actividades a realizar son la reconstrucción de subbases y bases hidráulicas en zonas asiladas donde se presenten fisuras en la losa de concreto hidráulico para permitir un correcto funcionamiento de la vialidad.

## -Flujo de costos-

Para estimar los indicadores de eficiencia de la alternativa de construcción con pavimento hidráulico, se consideró una vida útil de 30 años, así como los montos de inversión y mantenimiento señalados anteriormente.

Para expresar los costos futuros en valor presente, se aplicó una tasa social de descuento del 10%.

En la siguiente tabla se muestra los flujos del proyecto de la alternativa 2.

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 2. (Millones de pesos 2021). **Tramo 1**

Horizonte	inversión	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	48.01	5.91		53.92	
1			0.71	0.71	54.56
2			0.71	0.71	55.14
3			0.71	0.71	55.67
4			0.71	0.71	56.15
5			0.71	0.71	56.59
6			0.71	0.71	56.99
7			0.71	0.71	57.35
8			0.71	0.71	57.68
9			0.71	0.71	57.98
10			3.98	3.98	59.52
11			0.71	0.71	59.77
12			0.71	0.71	59.99
13			0.71	0.71	60.19
14			0.71	0.71	60.38
15			0.71	0.71	60.55
16			0.71	0.71	60.70
17			0.71	0.71	60.84
18			0.71	0.71	60.97
19			0.71	0.71	61.08
20			3.98	3.98	61.68
21			0.71	0.71	61.77
22			0.71	0.71	61.86
23			0.71	0.71	61.94
24			0.71	0.71	62.01
25			0.71	0.71	62.08
26			0.71	0.71	62.13
27			0.71	0.71	62.19
28			0.71	0.71	62.24
29			0.71	0.71	62.28
30			3.98	3.98	62.51

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 2. (Millones de pesos 2021). **Tramo 2**



Horizonte	inversión	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>35.86</b>	<b>4.82</b>		40.68	
1			0.52	0.52	41.15
2			0.52	0.52	41.58
3			0.52	0.52	41.97
4			0.52	0.52	42.32
5			0.52	0.52	42.64
6			0.52	0.52	42.93
7			0.52	0.52	43.20
8			0.52	0.52	43.44
9			0.52	0.52	43.66
10			2.92	2.92	44.78
11			0.52	0.52	44.96
12			0.52	0.52	45.13
13			0.52	0.52	45.28
14			0.52	0.52	45.41
15			0.52	0.52	45.54
16			0.52	0.52	45.65
17			0.52	0.52	45.75
18			0.52	0.52	45.85
19			0.52	0.52	45.93
20			2.92	2.92	46.37
21			0.52	0.52	46.43
22			0.52	0.52	46.50
23			0.52	0.52	46.56
24			0.52	0.52	46.61
25			0.52	0.52	46.66
26			0.52	0.52	46.70
27			0.52	0.52	46.74
28			0.52	0.52	46.78
29			0.52	0.52	46.81
30			2.92	2.92	46.98

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 2. (Millones de pesos 2021). **Tramo 3**

Horizonte	inversión	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>131.21</b>	<b>16.09</b>		147.30	
1			1.95	1.95	149.07
2			1.95	1.95	150.67
3			1.95	1.95	152.14
4			1.95	1.95	153.46
5			1.95	1.95	154.67
6			1.95	1.95	155.77
7			1.95	1.95	156.77
8			1.95	1.95	157.68
9			1.95	1.95	158.50
10			10.99	10.99	162.74
11			1.95	1.95	163.42

Horizonte	inversión	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
12			1.95	1.95	164.04
13			1.95	1.95	164.61
14			1.95	1.95	165.12
15			1.95	1.95	165.58
16			1.95	1.95	166.01
17			1.95	1.95	166.39
18			1.95	1.95	166.74
19			1.95	1.95	167.06
20			10.99	10.99	168.69
21			1.95	1.95	168.96
22			1.95	1.95	169.20
23			1.95	1.95	169.41
24			1.95	1.95	169.61
25			1.95	1.95	169.79
26			1.95	1.95	169.95
27			1.95	1.95	170.10
28			1.95	1.95	170.24
29			1.95	1.95	170.36
30			10.99	10.99	170.99

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

## -Indicador del CAE-

A partir del flujo que se presenta en la tabla anterior, se estimaron los indicadores de eficiencia del proyecto, consistentes en el Valor Actual de los Costos (VAC) y en el Costo Anual Equivalente (CAE), aplicando la tasa de descuento del 10%. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente.

TABLA. Indicadores de eficiencia correspondientes a la Alternativa 2.

Indicador	Valor (mdp 2021) Tramo 1	Valor (mdp 2021) Tramo 2	Valor (mdp 2021) Tramo 3
Valor Actual de los Costos (VAC)	62.51	46.98	170.99
Costo Anual Equivalente (CAE)	6.63	4.98	18.14

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura.

## Alternativa seleccionada

A partir del cálculo de indicadores de eficiencia que se presenta en el apartado anterior, se puede concluir que resulta más conveniente RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS, LONGITUD 49.70 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA, con una longitud de 49.70 Kilómetros, con **CONCRETO ASFÁLTICO** considerando que se lleva a cabo la construcción de la alternativa 1, según se muestra en la tabla siguiente.

TABLA. Ahorros estimados al implementarse la alternativa de obra más eficiente.

Indicador	Alternativa		Ahorro al seleccionar la Alternativa 1
	Alternativa 1 (PROYECTO) ASFALTICO	Alternativa 2 (ALTERNATIVA) HIDRÁULICO	
Valor Actual de los Costos (VAC)	<b>189.61</b>	<b>280.48</b>	<b>90.87</b>
Costo Anual Equivalente (CAE)	<b>22.27</b>	<b>29.75</b>	<b>7.48</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

TABLA. Indicadores de eficiencia correspondientes a la Alternativa 1.

Indicador	Valor (mdp 2021) Tramo 1	Valor (mdp 2021) Tramo 2	Valor (mdp 2021) Tramo 3	Total
Valor Actual de los Costos (VAC)	42.40	32.27	114.94	189.61
Costo Anual Equivalente (CAE)	4.98	3.79	13.50	22.27

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

TABLA. Indicadores de eficiencia correspondientes a la Alternativa 2.

Indicador	Valor (mdp 2021) Tramo 1	Valor (mdp 2021) Tramo 2	Valor (mdp 2021) Tramo 3	Total
Valor Actual de los Costos (VAC)	62.51	46.98	170.99	280.48
Costo Anual Equivalente (CAE)	6.63	4.98	18.14	29.75

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura.

Con base en las anteriores consideraciones, se elige la alternativa 1 en virtud de que se obtiene el mismo resultado (beneficios) a un menor costo, menor tiempo de realización y mayores ventajas operativas como las que se señalan a continuación.

TABLA. Comparativa entre las alternativas.

# Secretaría de Infraestructura

ALTERNATIVA 1 (PAVIMENTOS ASFÁLTICOS)	ALTERNATIVA 2 (CONCRETO HIDRÁULICO)
Menor Costo de inversión: 99.99 mdp	Mayor Costo de inversión: 249.48 mdp
Menor gasto de conservación en superficie de rodamiento (carpeta asfáltica).	Mayor gasto conservación en superficie de rodamiento (concreto hidráulico).
Soluciona la problemática, a un bajo costo.	Soluciona la problemática con un costo mayor
Es factible financiera y socialmente.	No es factible financieramente y presenta un alto costo de inversión
Soluciona la problemática, a un bajo costo.	Soluciona la problemática con un costo mayor
Corte de la superficie de rodamiento (0.15 m) escarificado	Corte de la superficie de rodamiento a nivel de subrasante (0.25 m)
Calendario de ejecución: 5 meses	Calendario de ejecución: 5 meses
Estos pavimentos no tienen una durabilidad como los de concreto	Costo inicial (construcción), para uso en carreteras de tráfico medio y pesado, es normalmente igual o menor al de los flexibles
Requieren plantas de asfalto y equipo especializado	Facilidad de construcción. Pueden ser ejecutados con equipos convencionales

FUENTE: Elaboración propia

#### **IV. SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN**

De la siguiente tabla se seleccionará el tipo de PPI.

Tabla. Tipo de Proyecto

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	
Proyecto de infraestructura gubernamental	
Proyecto de inmuebles	
Programa de adquisiciones	
Programa de mantenimiento	
Otros proyectos de inversión	
Otros programas de inversión	

##### **A. Descripción General**

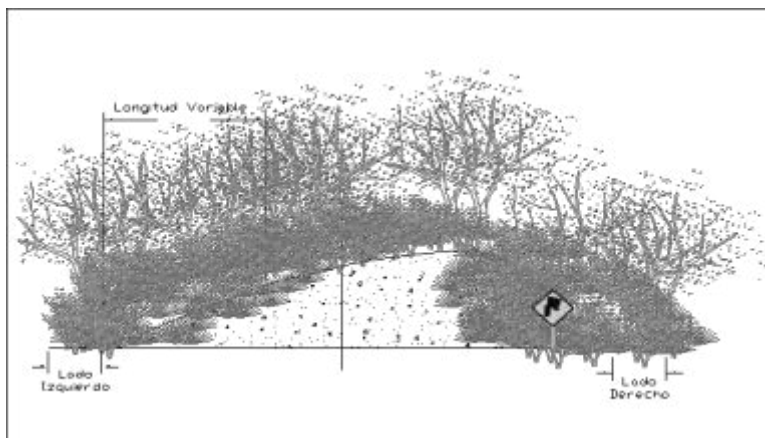
El proyecto de “RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA.”

A continuación, se describen los trabajos que se realizaran para contar con los componentes del presente proyecto de inversión.

##### **TERRACERÍAS:**

Se considera la cantidad de 184,000.00 m<sup>2</sup> total, al tramo 1 se considera 71,120.00 m<sup>2</sup>, al tramo 2 se considera 57,581.00 m<sup>2</sup>, al tramo 3 se considera 55,299.00 m<sup>2</sup>; en donde se realizarán los trabajos de remoción de vegetación existente en las orillas del camino en el derecho de vía, con el objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad.

**Imagen. DESHIERBE**



FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaría de Infraestructura.

## CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

A lo largo de la carretera se realizarán 284,710.00 m<sup>2</sup> totales, al tramo 1 se considera 27,477.00 m<sup>2</sup>, al tramo 2 se considera 57,581.00 m<sup>2</sup>, al tramo 3 se considera 199,652.00 m<sup>2</sup>; donde los trabajos consisten en:

Cadenamiento		LONGITUD	ANCHO	ÁREA (M2.)
0+000	3+500	3,500.00	7.1	24,850.00
10+700	11+070	370.00	7.1	2,627.00
<b>TRAMO 1</b>				<b>27,477.00</b>
11+070	19+180	8,110.00	7.1	57,581.00
<b>TRAMO 2</b>				<b>57,581.00</b>
19+180	19+800	620.00	7.1	4,402.00
19+800	20+000	200.00	7.1	1,420.00
20+000	22+900	2,900.00	7.1	20,590.00
25+300	49+700	24,400.00	7.1	173,240.00
<b>TRAMO 3</b>				<b>199,652.00</b>

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaría de Infraestructura.

## RENIVELACIÓN CON MEZCLA ASFÁLTICA.

Se realizarán re nivelaciones con mezcla asfáltica en caliente, en las zonas donde se realizó el bacheo de caja hidráulica. El espesor de la carpeta será de 5.0 centímetros compactos, realizando los trabajos necesarios para su correcta elaboración con respecto a la Norma N-CSV-CAR-3-02-001/15.

## BACHEO SUPERFICIAL AISLADO.

Se procederá a realizar bacheo asfáltico, consistente en la reposición de una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños, tales como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados. El espesor de la carpeta será de 5.0 centímetros compactos, realizando los trabajos necesarios para su correcta elaboración con respecto a la Norma N-CSV-CAR-3-02-001/16.

RIEGO DE SELLO. Después de realizados los trabajos de bacheo de caja hidráulica, re nivelaciones, y bacheo superficial, se procederá a realizar el barrido de la superficie, se aplicará riego de liga para sello, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido con polímero CCR2P, a razón de 1.4 a 1.7 litros por metro cuadrado. Inmediatamente después, y casi de forma simultánea, se extenderá el material pétreo tipo premezclado, a razón de 11 litros por metro cuadrado, procediendo de inmediato a su acomodo con rodillo metálico liso tipo tándem ligero en las primeras cerradas, y alternando con el compactador neumático hasta lograr la correcta fijación del sello, realizando los trabajos necesarios para su correcta elaboración.

## RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

Se considerará 68,160.00 m<sup>2</sup> totales, al tramo 1 se considera 51,120.00 m<sup>2</sup> y tramo 3 se considera 17,040.00 m<sup>2</sup>; donde los trabajos consisten en:

Cadenamiento		LONGITUD	ANCHO	ÁREA (M2.)
3+500	10+700	7,200.00	7.1	51,120.00
<b>TRAMO 1</b>				<b>51,120.00</b>
22+900	25+300	2,400.00	7.1	17,040.00
<b>TRAMO 3</b>				<b>17,040.00</b>

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.

BASE. una vez descubierta y limpia la capa de subrasante se procederá a colocar la capa que sirva como apoyo a la carpeta asfáltica, los materiales que se tendrán que usar serán nuevos de banco. Inmediatamente de terminada el cajón y dar compactación a la subrasante al 95 % en los lugares que sea requerido, se procederá con la construcción de la capa de base hidráulica que se construirá en todo el ancho de la sección nueva, el espesor será de 20 cm compactada al 100%. Es necesario garantizar que la pérdida de humedad en la superficie sea la mínima posible; es decir mantener con constantes riegos de agua la capa terminada, en tanto no se inicia con el tendido de la etapa subsecuente realizando los trabajos necesarios para su correcta ejecución según la norma

Sobre la capa de base hidráulica debidamente terminada, superficialmente seca y barrida, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica ECI-60, a razón de 1.5 lt/m<sup>2</sup>. El proceso continua con un barrido de la superficie de la capa de base hidráulica impregnada, y se aplica un riego de liga con una emulsión de rompimiento rápido ECR-60 a razón de 0.70 lt/m<sup>2</sup>.

IMPREGNACIÓN. - Sobre la capa de base hidráulica debidamente tratada y recibida por la supervisora de construcción, y previo a un barrido de la superficie para eliminar material suelto no deseable, se aplicará un riego con producto asfáltico emulsificado catiónico de rompimiento lento (ECL-65), para proteger a la base en dosificación aproximada de 1.4 a 1.8 lts/m<sup>2</sup>. Lo que dependerá de la textura terminal de la capa de base.

## RIEGO DE IMPREGNACIÓN.

Sobre la superficie de la base hidráulica terminada, estando exenta de partículas extrañas (barrida), se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica para impregnar de tipo ECI-60 a razón de 1.5 lt/m<sup>2</sup>, en función de la textura del pavimento.

## RIEGO DE LIGA.

El proceso continuo con un barrido de la superficie de la capa de base hidráulica impregnada, y se aplica un riego de liga con una emulsión de rompimiento rápido ECM-65 a razón de 0.70 lt/m<sup>2</sup>. Siguiendo lo recomendado en la norma N•CTR•CAR•1•04•005/15 (Riego de Liga). La calidad de los materiales asfálticos tendrá que satisfacer la normativa N•CMT•4•05•001/06.

CARPETA ASFÁLTICA la capa de base hidráulica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico en caliente de 5 cm compactos de espesor, utilizando material pétreo tamaño máximo de ¾", totalmente triturado del banco de préstamo; en la proporción que se determine en el estudio de Diseño Marshall, compactada al 95% de esta prueba.

## SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (PINTURA DE RAYA CONTINUA, DISCONTINUA y LATERAL DE 12 CM)

A lo largo de la superficie de pavimento se tendrá **149,100.00 m** de pintura de raya continua, discontinua y lateral con un ancho de la línea de 12 centímetros; del km 0+000 al 49+700 (**49,700 x 3 = 149,100**).

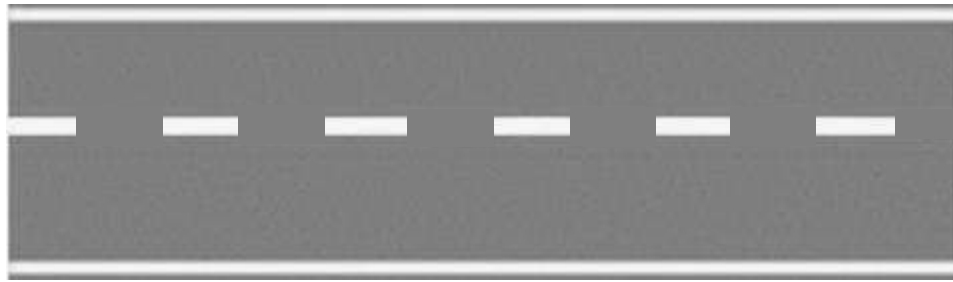
Cadenamiento		LONGITUD	LÍNEAS	TOTAL
0+000	11+070	11,070.00	3	33,210.00
11+070	19+180	8,110.00	3	24,330.00
19+180	49+700	30,520.00	3	91,560.00
			ML	149,100.00

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.

Es importante resaltar que los trabajos de reconstrucción deberán realizarse por alas, para no interrumpir totalmente la operación del camino, exigiendo a la ejecutora la instalación de un adecuado y suficiente señalamiento diurno y nocturno, para evitar percances de tránsito durante todo el tiempo que dure la reconstrucción.

**Imagen.** Señalamiento horizontal





FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.

## SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑAL PREVENTIVA, RESTRICTIVA, E INFORMATIVA)

Colocación de **67 piezas** de Señalamiento vertical, dentro de los 49.70 km que comprenden del km 0+000 al 49+700:

- 49.00 pza de señal informativa de identificación sii-14 de 0.30 x 1.20 m.
- 1 pza. de señal informativa de destino sid-8 de 0.40 x 1.47 m.
- 1 pza de señal informativa de identificación sii-6 de 0.30 x 1.20 m. doble bandera
- 6 pza de señal preventiva de la sp-6 a la sp-23 de 0.71 x 0.71
- 6 pza de señal preventiva de la sp-26 a la sp-40 de 0.71 x 0.71
- 4 pza de señal restrictiva sr-8 a sr-33 de 0.71 x 0.71 m.

Cadenamiento		PIEZAS
0+000	11+070	15
11+070	19+180	11
19+180	49+700	41
TOTAL		67

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.

### Imagen. Señalamiento Vertical

Preventivo	Restrictivo	Informativo

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.

**Beneficios infraestructura.** - Se usarán para informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido; podrán ser señales bajas, diagramáticas y elevadas. Su aplicación es primordial en las intersecciones en donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.

Se emplearán en forma secuencial de manera que permitan a los conductores preparar con la debida anticipación su maniobra en la intersección, ejecutarla en el lugar debido y confirmar la correcta selección del destino.

## **CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)**

Se colocará **659.00 ml** de construcción de subdrenes (excavacion, suministro y colocación de tuberia de concreto simple perforado de 20 cm, material filtrante, plantilla y acarreo de los desperdicios a 1er km).

Será mediante, la cual tiene como propósito conducir y desalojar agua de los caminos producto del escurrimiento de la lluvia lo más rápido posible, esta losa estará alojada a nivel de base, sin que afecte la estructura del pavimento debido al arrastre del material solido de las laderas producto de las lluvias sobre la superficie de rodamiento.

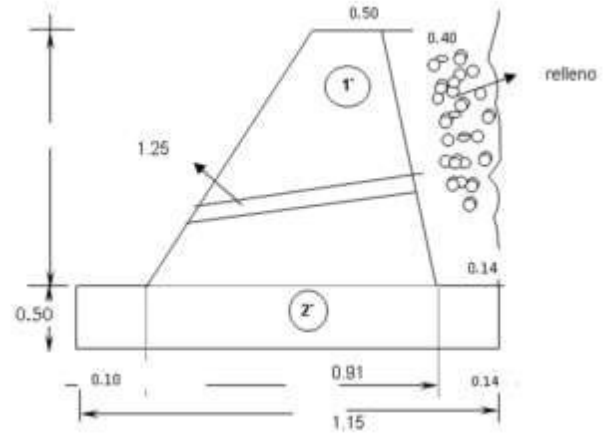
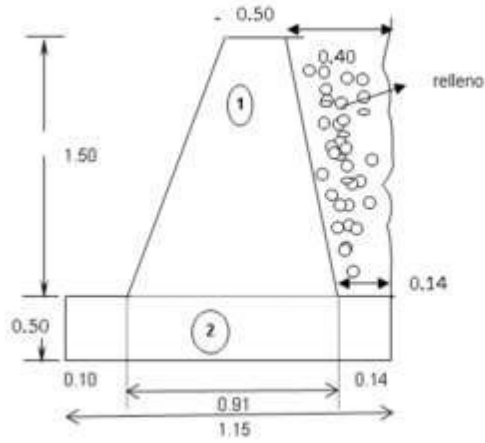
## **MUROS DE CONTENCIÓN (mampostería)**

Se construirán **477.25 m2** de Muros de contención (concreto).

KILOMETRAJE	ANCHO (M) ( B )	LONG. (M) ( L )	ÁREA EN M2.
29+500 al 29+515	2.30	15.00	34.50
34+100 al 34+190	3.45	90.00	310.50
38+400 al 38+435	2.30	35.00	80.50
42+800 al 42+815	3.45	15.00	51.75
			477.25

**Imagen.** Muros de Contención.

# Secretaría de Infraestructura



FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura.

## **B. Alineación Estratégica**

### **Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024**

#### **3. Economía**

##### **Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo**

##### **Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo**

Una de las tareas centrales del actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados. Hoy en día más de la mitad de la población económicamente activa permanece en el sector informal, la mayor parte con ingresos por debajo de la línea de pobreza y sin prestaciones laborales. Esa situación resulta inaceptable desde cualquier perspectiva ética y pernicioso para cualquier perspectiva económica: para los propios informales, que viven en un entorno que les niega derechos básicos, para los productores, que no pueden colocar sus productos por falta de consumidores, y para el fisco, que no puede considerarlos causantes.

El sector público fomentará la creación de empleos mediante programas sectoriales, proyectos regionales y obras de infraestructura, pero también facilitando el acceso al crédito a las pequeñas y medianas empresas (que constituyen el 93 por ciento y que generan la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas.

El gobierno federal impulsará las modalidades de comercio justo y economía social y solidaria.

### **Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024**

#### **Objetivos prioritarios**

1.- Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal.

Estrategia prioritaria 1.1 Mejorar el estado físico de la Red Carretera a través de la conservación y reconstrucción para aumentar el bienestar, la conectividad y seguridad de los usuarios de la infraestructura carretera.

Estrategia prioritaria 1.2 Mejorar la seguridad vial en la Red Carretera para el bienestar de todos los usuarios.

## **PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2019-2024**

Eje 3 Economía

### **OBJETIVO**

Impulsar el desarrollo económico sostenible en todas las regiones del estado, con un enfoque de género, identidad e interseccionalidad.

### **ESTRATEGIA TRANSVERSAL INFRAESTRUCTURA**

Mejorar los sistemas de transporte e infraestructura carretera y productiva que fomenten el desarrollo económico con un enfoque sostenible.

### **LÍNEAS DE ACCIÓN**

1. Ampliar la red carretera para incrementar la conectividad y el acceso a rutas comerciales y de servicios en y entre las regiones.
2. Impulsar sistemas de transportes eficientes, accesibles, intermodales e interconectados para el traslado de personas, productos y servicios, que incrementen la productividad de las regiones.
3. Aumentar y mejorar la infraestructura productiva y el equipamiento para el impulso de los sectores económicos.
4. Impulsar la ejecución de infraestructura enfocada a la generación de energías alternativas, que permitan el desarrollo productivo sostenible.

## C. Localización Geográfica

La visión estratégica que contempla el Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2019-2024, tiene el propósito de impulsar el crecimiento de las regiones y fortalecer a los municipios del estado. Para ello, la planeación del desarrollo y las acciones de gobierno se realizarán en el marco territorial de los 217 municipios, agrupados en regiones.

Esta distribución territorial está compuesta por 32 regiones, que de manera transversal privilegia la eficiencia económica con justicia social, igualdad de condiciones y oportunidades, así como una distribución equitativa de la riqueza, del conocimiento y del poder de decisión.

El municipio de **VENUSTIANO CARRANZA**, se localiza en la parte Norte del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 23' 12" y 20° 37' 36" de latitud norte y los meridianos 97° 31' 54" y 97° 48' 42" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Francisco Z. Mena y el estado de Veracruz, al Sur con Jalpan y el estado de Veracruz, al Oeste con el estado de Veracruz y al Poniente con Pantepec y Jalpan.

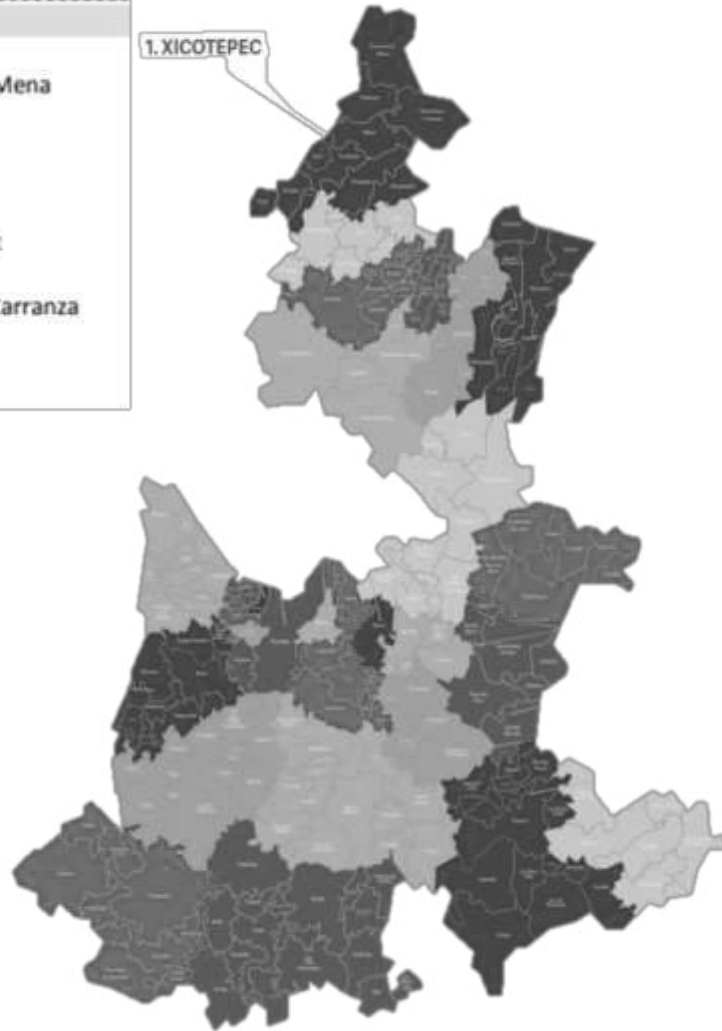
El municipio de **PANTEPEC** se localiza en la parte Norte del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 28' 53" y 20° 38' 48", de latitud norte y los meridianos 97° 45' 42" y 97° 47' 06", de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con los municipios de Francisco Z. Mena, al Sur con Jalpan, al Oeste con Venustiano Carranza y al Poniente con Francisco Z. Mena y el Estado de Hidalgo.

El municipio de **FRANCISCO Z. MENA** se localiza en la parte norte del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 33' 00" y 20° 50' 18" de latitud norte y los meridianos 97° 41' 00" y 97° 57' 24" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con el estado de Veracruz, al Sur con Pantepec y Venustiano Carranza, Oeste y Poniente con el estado de Veracruz.

En la figura siguiente se muestra las regiones en donde se localiza el proyecto.

# Secretaría de Infraestructura

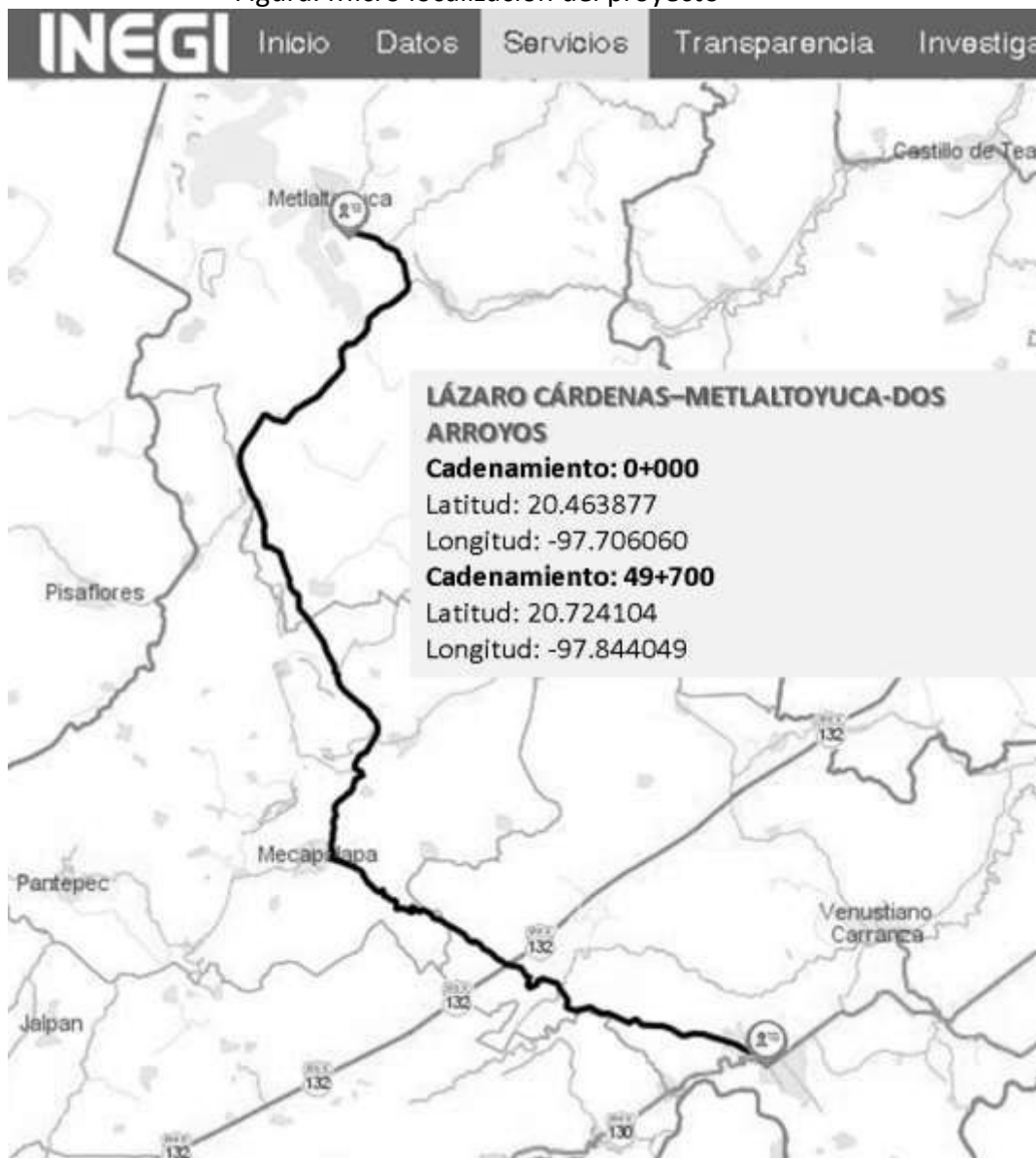
Región	Municipio
<b>01 Xicotepec</b>	
	057 Honey
	064 Francisco Z. Mena
	086 Jalpan
	100 Naupan
	109 Pahuatlán
	111 Pantepec
	178 Tlacuilotepec
	187 Tlaxco
	194 Venustiano Carranza
	197 Xicotepec
	213 Zihuateutla



FUENTE. Elaboración propia con información de las 32 regiones de Puebla.

[http://presupuesto.puebla.gob.mx/sppr/Content/DOC/D20/PP/3Normativos/Regionalizaci%C3%B3n%20PED%202019%20-%202024%20\(32%20Regiones\).pdf](http://presupuesto.puebla.gob.mx/sppr/Content/DOC/D20/PP/3Normativos/Regionalizaci%C3%B3n%20PED%202019%20-%202024%20(32%20Regiones).pdf)

Figura. Micro localización del proyecto



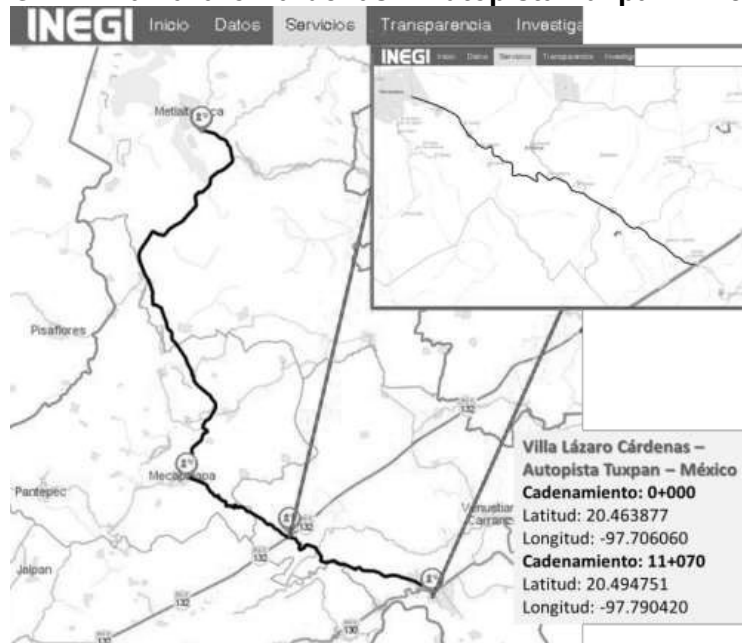
FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo e INEGI.

1. El tramo: Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México a través de la cual se puede acceder a la Localidad y Municipio de **Venustiano Carranza**, cuenta con una actividad económica preponderante son el cuidado y reproducción de bosques de maderas finas, como pino y encino que conservan y transforman, ubicado dentro de la zona de climas cálidos húmedo, con abundantes lluvias la mayor parte del año, Villa Lázaro Cárdenas – Autopista



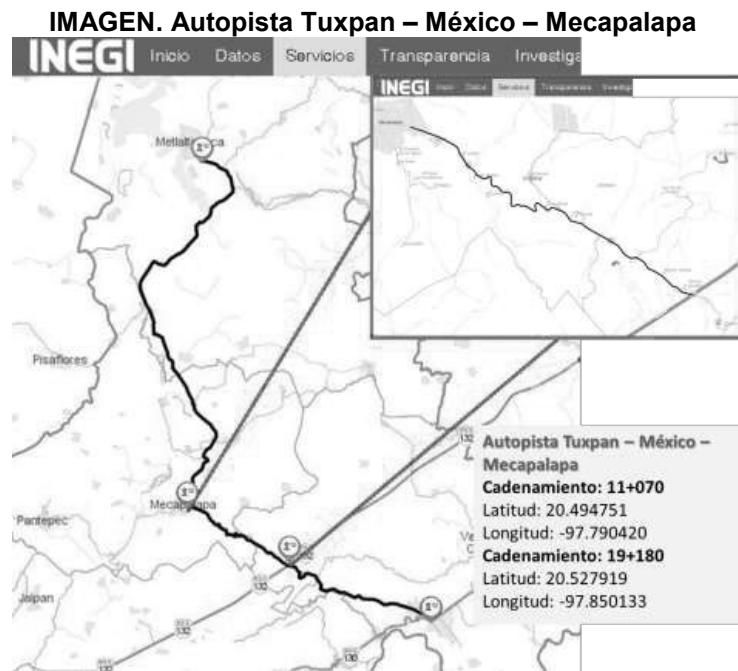
Tuxpan – México del cadenamiento: 0+000 Latitud: 20.463877 y Longitud: -97.706060 y del Cadenamiento: 11+070 Latitud: 20.494751 y Longitud: -97.790420, con una longitud de 11.07 kilómetros.

## IMAGEN. Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México



FUENTE. Elaboración propia con base en el Mapa Digital de INEGI.

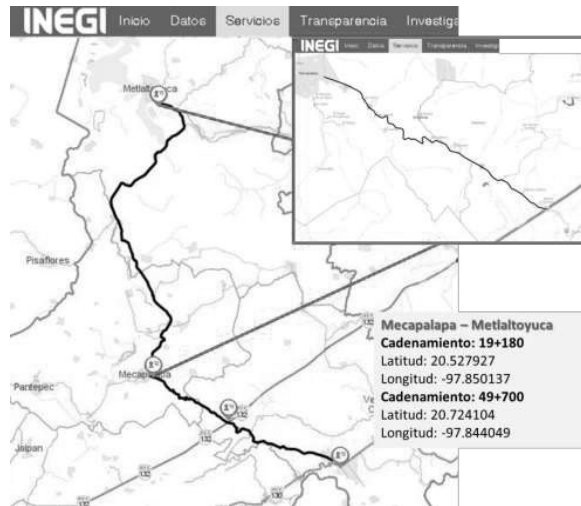
2. El tramo: Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa a través de la cual se puede acceder a la Localidad y Municipio de **Pantepec y Venustiano Carranza**, cuenta con una actividad económica preponderante son el cuidado y reproducción de bosques de maderas finas, como pino y encino que conservan y transforman, café de grano y planta de la palma; entre otras, ubicado en la Sierra Norte de Puebla dentro de la zona de climas cálidos húmedo, con abundantes lluvias la mayor parte del año, Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa del Cadenamiento: 11+070 Latitud: 20.494751 y Longitud: -97.790420 y del Cadenamiento: 19+180 Latitud: 20.527919, Longitud: -97.850133, con una longitud de 8.11 kilómetros.



FUENTE. Elaboración propia con base en el Mapa Digital de INEGI.

3. El tramo: Mecapalapa – Metlatoyuca a través de la cual se puede acceder a Localidades de los Municipio de **Pantepec y Francisco Z. Mena**, cuenta con una actividad económica preponderante son el cuidado y reproducción de bosques de maderas finas, como pino y encino que conservan y transforman, el café de grano y planta de la palma; entre otras, ubicado en la Sierra Norte de Puebla dentro de la zona de climas Cálido subhúmedo, con abundantes lluvias en verano y lluvias la mayor parte del año, Mecapalapa – Metlatoyuca del Cadenamiento: 19+180 coordenadas Latitud: 20.527927; Longitud: -97.850137 y del Cadenamiento: 49+700 con coordenadas Latitud: 20.724104; Longitud: -97.844049

Imagen. Mecapalapa – Metlatoyuca



FUENTE. Elaboración propia con información del Proyecto Ejecutivo

## D. Calendario de Actividades

El programa de trabajo, tiene por objeto precisar las actividades a realizar y los periodos de tiempo en que se llevaran a cabo cada una de estas; con lo cual se pretende optimizar recursos, mejorando rendimientos que permitan medir el avance y valorar actividades, previendo de esta manera, necesidades de materiales, equipos y recursos económicos. El tiempo estimado para la ejecución de la obras contará con un plazo de 5 meses.

**Tabla. Calendario de ejecución del proyecto con el total de inversión con recurso**

NO.	CONCEPTO	IMPORTES CON IVA	AÑO 2020	AÑO 2021																								
				MES 1					MES 2					MES 3					MES 4					MES 5				
				SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20					
	PROYECTO EJECUTIVO	-																										
1	TERRACERÍAS	926,329.60																										
2	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	77,572,314.37																										
3	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	18,574,090.75																										
4	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	1,129,402.68																										
5	SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	62,825.27																										
6	CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	1,672,181.92																										
7	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150,	22,170.95																										
8	MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	40,275.13																										
		99,999,590.68																										

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura

**Tabla. Calendario de ejecución del TRAMO 1**

NO.	CONCEPTO	IMPORTES CON IVA	AÑO 2020	AÑO 2021																								
				MES 1					MES 2					MES 3					MES 4					MES 5				
				SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20					
	PROYECTO EJECUTIVO	-																										
1	TERRACERÍAS	358,046.53																										
2	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	7,486,405.40																										
3	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	13,930,568.06																										
4	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	251,559.11																										
5	SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	14,065.36																										
6	CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	507,490.72																										
		22,548,135.18																										

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura

**Tabla. Calendario de ejecución del TRAMO 2**

NO.	CONCEPTO	IMPORTE CON IVA	AÑO 2020	AÑO 2021																								
				MES 1					MES 2					MES 3					MES 4					MES 5				
				SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20					
	PROYECTO EJECUTIVO	-																										
1	TERRACERIAS	289,885.79																										
2	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	15,688,565.32																										
3	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	184,294.88																										
4	SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICATIVA Y IFORMATIVO)	10,314.60																										
5	CONSTRUCCION DE SUBDRENE (OBRA DE DRENAJE -	1,164,691.20																										
		17,337,751.79																										

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura

**Tabla. Calendario de ejecución del TRAMO 3**

NO.	CONCEPTO	IMPORTE CON IVA	AÑO 2020	AÑO 2021																								
				MES 1					MES 2					MES 3					MES 4					MES 5				
				SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20					
	PROYECTO EJECUTIVO	-																										
1	TERRACERIAS	278,397.29																										
2	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	54,397,343.64																										
3	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	4,643,522.69																										
4	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	693,548.69																										
5	SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICATIVA Y IFORMATIVO)	38,445.32																										
6	CONSTRUCCION DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	22,170.95																										
7	MUROS DE CONTENCION (MAMPOSTERIA) 27+500, 34+100, 35+800 Y 42+820	40,275.13																										
		60,113,703.70																										

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaria de Infraestructura



### E. Monto Total de la Inversión

El monto total de la inversión incluyendo el IVA y retención se estima en: \$ 99,999,590.68 pesos

Tabla. Monto de inversión total del Proyecto

Componentes	COMPONENTES TOTAL				
	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	184,000.00	4.34	798,560.00	926,329.60
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	284,710.00	234.88	66,872,684.80	77,572,314.37
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	68,160.00	234.92	16,012,147.20	18,574,090.75
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	149,100.00	6.53	973,623.00	1,129,402.68
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	67.00	808.354	54,159.72	62,825.27
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	659.00	2,187.46	1,441,536.14	1,672,181.92
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16	1,881.19	19,112.89	22,170.95
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	M2	477.25	72.75	34,719.94	40,275.13
<b>TOTAL</b>				86,206,543.69	99,999,590.68

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

Componentes	COMPONENTES TRAMO 1				
	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	71,120.00	4.34	308,660.80	358,046.53
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	27,477.00	234.88	6,453,797.76	7,486,405.40
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	51,120.00	234.92	12,009,110.40	13,930,568.06
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	33,210.00	6.53	216,861.30	251,559.11
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	15.00	808.35	12,125.31	14,065.36
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	200.00	2,187.46	437,492.00	507,490.72
<b>TOTAL</b>				19,438,047.57	22,548,135.18

FUENTE: Secretaría de Infraestructura



Componentes	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	COMPONENTES TRAMO 2	
				Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	57,581.00	4.34	249,901.54	289,885.79
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	57,581.00	234.88	13,524,625.28	15,688,565.32
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	24,330.00	6.53	158,874.90	184,294.88
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	11.00	808.35	8,891.89	10,314.60
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	459.00	2,187.46	1,004,044.14	1,164,691.20
<b>TOTAL</b>				14,946,337.75	17,337,751.79

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

Componentes	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	COMPONENTES TRAMO 3	
				Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	55,299.00	4.34	239,997.66	278,397.29
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	199,652.00	234.88	46,894,261.76	54,397,343.64
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	17,040.00	234.92	4,003,036.80	4,643,522.69
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	91,560.00	6.53	597,886.80	693,548.69
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	41.00	808.35	33,142.51	38,445.32
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16	1,881.19	19,112.89	22,170.95
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA) 27+500, 34+100, 35+800 Y 42+820	M2	477.25	72.75	34,719.94	40,275.13
<b>TOTAL</b>				51,822,158.36	60,113,703.70

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

## F. Financiamiento

La fuente de financiamiento considerada para la ejecución de esta obra se muestra en la siguiente tabla:

Tabla. Fuentes de Financiamiento del Proyecto

Nombre	Monto	%	RECURSO
	Con IVA		
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA	59,999,754.41	60.0000%	HIDROCARBUROS 2021
	39,999,836.27	40.0000%	FAFEF 2021
	99,999,590.68	100.00%	

FUENTE: Secretaría de Infraestructura



## G. Metas del Proyecto

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

### METAS GENERALES

METAS		
Componentes	Unidad de medida	Cantidad
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	284,710.00
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	68,160.00
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	149,100.00
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	67.00
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	659.00
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	M2	477.25

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

### METAS TRAMO 1

Componentes	Unidad de medida	Cantidad
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	27,477.00
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	51,120.00
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	33,210.00
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	15.00
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	200.00

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

### METAS TRAMO 2

Componentes	Unidad de medida	Cantidad
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	57,581.00
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	24,330.00
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	11.00
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	459.00

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

### METAS TRAMO 3

Componentes	Unidad de medida	Cantidad
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	199,652.00
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	17,040.00
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	91,560.00





SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	41.00
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA) 27+500, 34+100, 35+800 Y 42+820	M2	477.25

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

## H. Capacidad instalada y su evolución en el horizonte de la evaluación

De acuerdo con la interacción oferta y demanda, para el proyecto en estudió su comportamiento a través del horizonte de evaluación, de donde se estima que el nivel de servicio de acuerdo a las condiciones existentes de la vialidad como se menciona en la situación actual se mantiene en un nivel de servicio "C".

Con la ejecución del proyecto, se mejorará las condiciones físicas de la superficie de rodamiento, así como las bajas velocidades a lo largo de la **RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA**, situación que se verá reflejada en la reducción de tiempos y manteniéndose estática en el nivel de servicio, el cual es de "C", como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla. Capacidad instalada del PPI

AÑO	Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	Mecapalapa - Metlaltoyuca	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO
0	812	1,395	926	1,500	C
1	824	1,416	940	1,500	C
2	836	1,437	954	1,500	C
3	849	1,459	968	1,500	C
4	862	1,481	983	1,500	C
5	875	1,503	998	1,500	C
6	888	1,526	1,012	1,500	C
7	901	1,549	1,028	1,500	C
8	915	1,572	1,043	1,500	C
9	929	1,596	1,059	1,500	C
10	943	1,620	1,075	1,500	C
11	957	1,644	1,091	1,500	C
12	971	1,669	1,107	1,500	C
13	986	1,694	1,124	1,500	C
14	1,001	1,719	1,141	1,500	C
15	1,016	1,745	1,158	1,500	C
16	1,031	1,771	1,175	1,500	C
17	1,046	1,798	1,193	1,500	C
18	1,062	1,825	1,211	1,500	C
19	1,078	1,852	1,229	1,500	C
20	1,094	1,880	1,247	1,500	C



Fuente: elaboración propia en personal de la Secretaría de Infraestructura. Ver Anexo A.

### I. Vida útil

Vida útil del PPI	
Vida útil del proyecto o periodo de operación	20 años <sup>17</sup>

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

### J. Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto

#### Estudios Técnicos.

El proyecto ejecutivo se realizó bajo las normas y especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (federal), Código Reglamentario y la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT-2003, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

La Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla es la instancia ejecutora y realizó los proyectos ejecutivos para obtener los costos asociados a los componentes del proyecto de infraestructura vial: **se encuentra al 100%**.

El proyecto ejecutivo correspondiente a ésta vialidad se realizó de acuerdo a la normatividad vigente, está concluido al 100% y cuenta con el visto bueno correspondiente.

#### Factibilidad Legal.

El proyecto se realizará dentro del derecho de vía actual de la carretera. Se tiene liberado el **Derecho de Vía al 100%**, como se señala en el Periódico Oficial del Estado de Puebla de fecha 3 de diciembre de 2020 se publicó El Acuerdo de la Secretaría de Infraestructura, Movilidad y Transportes del Gobierno del Estado, por el que se dan a conocer las Vialidades de Jurisdicción Estatal.

En el cual se considera los caminos, carreteras y puentes cuya conservación está a cargo del Gobierno del Estado de conformidad con lo establecido por los artículos 2, 8 y 16 fracción I de la Ley General de Bienes del Estado.

El acuerdo señala que la carretera esta numerada con el folio 101 en un total de 49.70 kilómetros.

El Gobierno del Estado está facultado para realizar los trabajos que comprende el presente proyecto.

<sup>17</sup> <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>



## **Factibilidad Ambiental**

Con la evaluación de impacto ambiental es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto y determinar, en caso de que se requiera, las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio y la salud humana.

Dependiendo del área de afectaciones, el resolutivo es aprobado por la Secretaria del Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla, se encuentra liberado al 100%.



## K. Análisis de la oferta considerando la implementación del proyecto de inversión

Con la RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA, se contará con la siguiente infraestructura funcional y total en los 49.70 km.

- Infraestructura funcional total de 49.70 km del kilómetro 0+000 al kilómetro 49+700.
- 184,000 m<sup>2</sup> de terracerías
- 284,710.00 m<sup>2</sup> de conservación de pavimento asfáltico
- 68,160.00 m<sup>2</sup> de reconstrucción de pavimento asfáltico
- 149,100 m de señalamiento horizontal (raya continua y discontinua de 12 cm)
- 67 pza de señalamiento vertical (señalamiento preventiva, restrictiva e informativo)
- 659 ml de construcción de subdrenes (obra de drenaje - alcantarilla de tubo)
- 10.16 m<sup>2</sup> de construcción de alcantarilla en el km 25+500, km 34+150, km 35+800 y km 42+820
- 477.25 m<sup>2</sup> de muros de contención (mampostería)

En la siguiente tabla se puede observar las características del tramo:

TABLA. Condiciones de oferta en la situación con proyecto.

Características	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Tipo de terreno	Montañoso	Montañoso	Montañoso
Cadenamiento	0+000 al 11+070	11+070 al 19+180	19+180 al 49+700
Longitud (m)	11,070	8,110	30,520
Ancho de carril (m)	3.55	3.55	3.55
Numero de sentidos	2	2	2
Carriles de circulación	1	1	1
Ancho de Corona (m) (promedio)	7.10	7.10	7.10
Ancho de Calzada (m) (promedio)	7.10	7.10	7.10
Tipo de superficie	Asfáltico	Asfáltico	Asfáltico
Estado físico	Buen Estado	Buen Estado	Buen Estado
Índice Rugosidad Internacional (IRI) m/km	4	4	4.00
Carretera Tipo	C	C	C
Acotamientos	NO	NO	NO
Velocidad de Diseño (Km./hr.)	60	60	60
Velocidad de operación (Km./hr.)	56.16	53.46	55.97
Tiempo de recorrido (min.)	11.85	9.12	32.73
Pendiente Máxima (%)	8	8	8
Grado máximo de curvatura (°)	11	11	11



Características	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Cunetas	Buen Estado	Buen Estado	Buen Estado
Señalización Vertical	Buen Estado	Buen Estado	Buen Estado
Señalización horizontal	Buen Estado	Buen Estado	Buen Estado

FUENTE: Proyecto Ejecutivo, Secretaría de Infraestructura

## L. Análisis de la demanda con proyecto

La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta carretera para trasladarse desde un origen a un destino como enlace entre las localidades de Ciudad de Lázaro Cárdenas, El Sol, Mecapalapa, Los Naranjos, Salsipuedes y Cerco de Piedra.

Para el análisis de la demanda se consideraron los 3 puntos relevantes en donde la cantidad de vehículos cambia debido a las incorporaciones o desincorporaciones existente a lo largo del tramo los cuales se presentan a continuación, Asimismo, la tasa de crecimiento utilizada será la señalada de acuerdo a la tasa de crecimiento de la situación actual de 1.50%.

En la situación con proyecto, se estima que el comportamiento del TPDA a lo largo del horizonte de evaluación por tramo se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla.** TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación con proyecto **TRAMO 1**

Horizonte de Evaluación	A	B	C	TOTAL
0				
1	778	17	28	823
2	790	18	29	837
3	802	18	29	849
4	814	18	30	862
5	826	18	30	874
6	839	19	31	889
7	851	19	31	901
8	864	19	31	914
9	877	20	32	929
10	891	20	32	943
11	904	20	33	957
12	917	20	33	970
13	931	21	34	986
14	946	21	34	1,001
15	960	21	35	1,016
16	974	22	35	1,031
17	988	22	36	1,046
18	1,003	22	37	1,062
19	1,018	23	37	1,078
20	1,033	23	38	1,094

FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)



**Tabla. TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación con proyecto TRAMO 2**

Horizonte de Evaluación	A	B	C	TOTAL
0				
1	1,361	17	37	1,415
2	1,382	17	38	1,437
3	1,403	18	39	1,460
4	1,424	18	39	1,481
5	1,445	18	40	1,503
6	1,467	19	40	1,526
7	1,489	19	41	1,549
8	1,511	19	42	1,572
9	1,534	19	42	1,595
10	1,557	20	43	1,620
11	1,581	20	43	1,644
12	1,605	20	44	1,669
13	1,629	21	45	1,695
14	1,653	21	45	1,719
15	1,678	21	46	1,745
16	1,703	22	47	1,772
17	1,729	22	48	1,799
18	1,755	22	48	1,825
19	1,780	23	49	1,852
20	1,807	23	50	1,880

FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)

**Tabla. TPDA a lo largo del horizonte de evaluación en la situación con proyecto TRAMO 3**

Horizonte de Evaluación	A	B	C	TOTAL
0				
1	874	29	37	940
2	887	30	37	954
3	900	30	38	968
4	914	31	38	983
5	928	31	39	998
6	941	32	39	1,012
7	956	32	40	1,028
8	970	33	41	1,044
9	984	33	41	1,058
10	999	34	42	1,075
11	1,014	34	42	1,090
12	1,029	35	43	1,107
13	1,045	35	44	1,124
14	1,061	36	44	1,141
15	1,076	36	45	1,157
16	1,093	37	46	1,176
17	1,109	37	46	1,192
18	1,126	38	47	1,211
19	1,143	38	48	1,229
20	1,160	39	49	1,248

FUENTE. Elaboración propia con base en el Proyecto Ejecutivo (Cifras redondeados sin decimales)



## M. Interacción de la oferta – demanda a lo largo del horizonte de evaluación

Para poder realizar el análisis de la interacción de la oferta y la demanda se consideraron los siguientes supuestos:

- Tasa social de descuento del 10%,<sup>18</sup>
- Horizonte de evaluación de 21 años (1 ejecución y 20 de vida útil).
- La tasa de crecimiento del TDPA de 1.50 % anual.

A continuación, se muestra el comportamiento de las variables de velocidad (km/hr), costos de operación vehicular (COV), costos de tiempo de recorrido (CTR) y los costos generalizados de viaje (CGV) diferenciados para cada uno de los tramos aforados, y proyectado en su conjunto a lo largo del horizonte de evaluación. Con la puesta en marcha del proyecto se observa los ahorros que experimentarían los usuarios al realizar los recorridos en una superficie de pavimento de Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de 4 m/km.

### Velocidades de circulación

La velocidad de operación para cada tipo de vehículo está en relación a la longitud y al tiempo de recorrido.

TABLA. Velocidades de Operación vehicular promedio en el primer año, situación con proyecto.

	AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incremento		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	48.91	47.44	46.29	59.84	55.35	53.31	10.93	7.91	7.02
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	1	46.52	46.04	44.08	56.91	52.72	50.74	10.39	6.68	6.66
Mecapalapa - Metlatoyuca	1	46.63	48.16	47.47	57.05	56.19	54.66	10.42	8.02	7.20

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México									
AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incrementos de Velocidad		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	48.91	47.44	46.29	59.84	55.35	53.31	10.93	7.91	7.02
2	48.18	44.95	44.74	58.94	52.44	51.53	10.76	7.49	6.79
3	47.47	44.95	44.74	58.07	52.44	51.53	10.60	7.49	6.79
4	46.78	44.95	43.30	57.23	52.44	49.87	10.45	7.49	6.57
5	46.11	44.95	43.30	56.41	52.44	49.87	10.30	7.49	6.57
6	45.41	42.70	41.95	55.55	49.82	48.31	10.14	7.12	6.36

<sup>18</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio\\_tasa\\_social\\_de\\_descuento.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf)



7	44.78	42.70	41.95	54.78	49.82	48.31	10.00	7.12	6.36
8	44.12	42.70	41.95	53.97	49.82	48.31	9.85	7.12	6.36
9	43.48	40.67	40.68	53.18	47.45	46.85	9.70	6.78	6.17
10	42.81	40.67	40.68	52.36	47.45	46.85	9.55	6.78	6.17
11	42.20	40.67	39.48	51.62	47.45	45.47	9.42	6.78	5.99
12	41.61	40.67	39.48	50.90	47.45	45.47	9.29	6.78	5.99
13	40.99	38.82	38.35	50.15	45.29	44.17	9.16	6.47	5.82
14	40.35	38.82	38.35	49.37	45.29	44.17	9.02	6.47	5.82
15	39.77	38.82	37.28	48.66	45.29	42.94	8.89	6.47	5.66
16	39.21	37.13	37.28	47.97	43.32	42.94	8.76	6.19	5.66
17	38.66	37.13	36.27	47.30	43.32	41.78	8.64	6.19	5.51
18	38.09	37.13	35.32	46.60	43.32	40.68	8.51	6.19	5.36
19	37.54	35.58	35.32	45.92	41.52	40.68	8.38	5.94	5.36
20	37.00	35.58	34.41	45.26	41.52	39.64	8.26	5.94	5.23

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa									
AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incrementos de Velocidad		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	46.52	46.04	44.08	56.91	52.72	50.74	10.39	6.68	6.66
2	45.82	46.04	42.95	56.06	52.72	49.44	10.24	6.68	6.49
3	45.14	43.62	41.88	55.23	49.95	48.20	10.09	6.33	6.32
4	44.48	43.62	41.88	54.43	49.95	48.20	9.95	6.33	6.32
5	43.84	43.62	40.86	53.65	49.95	47.02	9.81	6.33	6.16
6	43.19	41.44	40.86	52.86	47.45	47.02	9.67	6.01	6.16
7	42.56	41.44	39.89	52.09	47.45	45.90	9.53	6.01	6.01
8	41.95	41.44	38.96	51.34	47.45	44.83	9.39	6.01	5.87
9	41.33	41.44	38.96	50.58	47.45	44.83	9.25	6.01	5.87
10	40.73	39.47	38.07	49.84	45.19	43.81	9.11	5.72	5.74
11	40.12	39.47	38.07	49.09	45.19	43.81	8.97	5.72	5.74
12	39.53	39.47	37.22	48.37	45.19	42.84	8.84	5.72	5.62
13	38.96	37.68	36.41	47.67	43.14	41.91	8.71	5.46	5.50
14	38.40	37.68	36.41	46.99	43.14	41.91	8.59	5.46	5.50
15	37.84	37.68	35.64	46.30	43.14	41.02	8.46	5.46	5.38
16	37.29	36.04	34.90	45.63	41.26	40.17	8.34	5.22	5.27
17	36.74	36.04	34.19	44.95	41.26	39.35	8.21	5.22	5.16
18	36.20	36.04	34.19	44.29	41.26	39.35	8.09	5.22	5.16
19	35.70	34.54	33.51	43.68	39.54	38.56	7.98	5.00	5.05
20	35.17	34.54	32.85	43.04	39.54	37.80	7.87	5.00	4.95

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.





(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Mecapalapa - Metlatoyuca									
	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incrementos de Velocidad		
AÑO	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	46.63	48.16	47.47	57.05	56.19	54.66	10.42	8.02	7.20
2	45.96	46.61	47.47	56.22	54.38	54.66	10.26	7.77	7.19
3	45.31	46.61	46.25	55.42	54.38	53.26	10.11	7.77	7.01
4	44.63	45.15	46.25	54.58	52.68	53.26	9.95	7.53	7.01
5	43.97	45.15	45.09	53.77	52.68	51.93	9.80	7.53	6.84
6	43.37	43.78	45.09	53.04	51.08	51.93	9.67	7.30	6.84
7	42.70	43.78	43.99	52.22	51.08	50.66	9.52	7.30	6.67
8	42.09	42.49	42.94	51.48	49.58	49.45	9.39	7.09	6.51
9	41.50	42.49	42.94	50.76	49.58	49.45	9.26	7.09	6.51
10	40.89	41.28	41.94	50.01	48.16	48.30	9.12	6.88	6.36
11	40.29	41.28	41.94	49.28	48.16	48.30	8.99	6.88	6.36
12	39.71	40.13	40.99	48.57	46.82	47.20	8.86	6.69	6.21
13	39.11	40.13	40.08	47.84	46.82	46.15	8.73	6.69	6.07
14	38.53	39.05	40.08	47.13	45.55	46.15	8.60	6.50	6.07
15	38.00	39.05	39.21	46.48	45.55	45.15	8.48	6.50	5.94
16	37.42	38.02	38.38	45.77	44.35	44.19	8.35	6.33	5.81
17	36.89	38.02	38.38	45.12	44.35	44.19	8.23	6.33	5.81
18	36.34	37.05	37.58	44.45	43.21	43.27	8.11	6.16	5.69
19	35.81	37.05	36.81	43.80	43.21	42.39	7.99	6.16	5.58
20	35.29	36.12	36.07	43.17	42.13	41.54	7.88	6.01	5.47

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



## Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular (COV) consideran los costos de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular, de depreciación del vehículo, entre otros factores importantes. Los COV son medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los costos de circulación vehicular la Secretaría de Infraestructura utilizó son los costos de operación vehicular para métricos emitidos por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación No. 189<sup>19</sup>.

Dadas las características físicas y geométricas de la red vial, así como las velocidades de circulación, el modelo permite calcular los costos de tiempo y de operación para cada tipo de vehículo en flujo libre (sin detenciones).

Los COV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**TABLA. Costos de Operación Vehicular (COV), situación con proyecto.**

	AÑO	Sit. Optimizada				Sit. Con PPI				Ahorros			
		A	B	C	TOTAL	A	B	C	Total	A	B	C	TOTAL
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	27,034,512	2,047,630	3,315,999	32,398,140	23,796,658	1,924,676	3,054,656	28,775,989	3,237,854	122,954	261,343	3,622,151
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	1	32,270,401	1,452,812	3,084,239	36,807,452	30,497,745	1,410,038	2,957,190	34,864,972	1,772,656	42,774	127,050	1,942,480
Mecalapa - Metlatoyuca	1	80,859,018	9,478,410	11,843,780	102,181,208	73,702,922	9,051,979	11,128,660	93,883,561	7,156,096	426,432	715,119	8,297,647

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

<sup>19</sup> <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182>



**Tabla. Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación,  
Situación con proyecto TRAMO 1**

COV, Sit Optimizada vs Con Proyecto, en el Horizonte de Evaluación											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV
27,034,512	2,047,630	3,315,999	32,398,140	23,796,658	1,924,676	3,054,656	28,775,989	3,237,854	122,954	261,343	3,622,151
27,863,269	2,200,599	3,485,944	33,549,812	24,526,157	2,068,460	3,211,207	29,805,824	3,337,112	132,139	274,737	3,743,988
28,710,806	2,233,608	3,538,233	34,482,647	25,272,186	2,099,487	3,259,375	30,631,049	3,438,620	134,121	278,858	3,851,599
29,577,500	2,267,113	3,715,144	35,559,757	26,035,079	2,130,979	3,422,344	31,588,402	3,542,422	136,133	292,801	3,971,355
30,463,735	2,301,119	3,770,871	36,535,726	26,815,172	2,162,944	3,473,679	32,451,795	3,648,564	138,175	297,193	4,083,931
31,407,337	2,465,394	3,955,016	37,827,746	27,645,760	2,317,354	3,643,310	33,606,425	3,761,576	148,039	311,705	4,221,321
32,334,396	2,502,375	4,014,341	38,851,111	28,461,788	2,352,115	3,697,960	34,511,862	3,872,608	150,260	316,381	4,339,249
33,320,766	2,539,910	4,074,556	39,935,232	29,330,023	2,387,396	3,753,429	35,470,849	3,990,743	152,514	321,127	4,464,384
34,329,452	2,713,694	4,269,083	41,312,228	30,217,901	2,550,744	3,932,625	36,701,271	4,111,551	162,949	336,458	4,610,958
35,400,632	2,754,399	4,333,119	42,488,151	31,160,789	2,589,006	3,991,615	37,741,410	4,239,843	165,393	341,505	4,746,741
36,455,897	2,795,715	4,535,557	43,787,169	32,089,668	2,627,841	4,178,098	38,895,606	4,366,230	167,874	357,459	4,891,563
37,534,855	2,837,651	4,603,591	44,976,096	33,039,401	2,667,258	4,240,769	39,947,429	4,495,454	170,392	362,821	5,028,667
38,679,524	3,024,226	4,814,240	46,517,990	34,046,977	2,842,631	4,434,817	41,324,424	4,632,548	181,596	379,423	5,193,566
39,892,258	3,069,590	4,886,453	47,848,301	35,114,465	2,885,270	4,501,339	42,501,074	4,777,794	184,320	385,115	5,347,228
41,089,869	3,115,633	5,105,625	49,311,128	36,168,641	2,928,549	4,703,237	43,800,427	4,921,229	187,084	402,388	5,510,701
42,314,433	3,312,957	5,182,210	50,809,600	37,246,542	3,114,024	4,773,786	45,134,351	5,067,891	198,933	408,424	5,675,248
43,566,489	3,362,651	5,410,227	52,339,367	38,348,642	3,160,734	4,983,832	46,493,208	5,217,847	201,917	426,395	5,846,158
44,891,342	3,413,091	5,643,919	53,948,352	39,514,821	3,208,145	5,199,106	47,922,072	5,376,521	204,946	444,812	6,026,279
46,246,138	3,621,755	5,728,577	55,596,471	40,707,357	3,404,280	5,277,093	49,388,729	5,538,782	217,475	451,485	6,207,742
47,631,478	3,676,081	5,971,655	57,279,214	41,926,778	3,455,344	5,501,013	50,883,134	5,704,700	220,738	470,642	6,396,080

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación,  
Situación con proyecto TRAMO 2**

COV, Sit Optimizada vs Con Proyecto, en el Horizonte de Evaluación											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV
32,270,401	1,452,812	3,084,239	36,807,452	30,497,745	1,410,038	2,957,190	34,864,972	1,772,656	42,774	127,050	1,942,480
33,259,853	1,474,604	3,215,111	37,949,568	31,432,844	1,431,188	3,082,671	35,946,703	1,827,008	43,416	132,441	2,002,865
34,271,727	1,584,766	3,349,215	39,205,708	32,389,135	1,538,107	3,211,250	37,138,492	1,882,592	46,659	137,965	2,067,216
35,306,474	1,608,537	3,399,453	40,314,465	33,367,042	1,561,178	3,259,419	38,187,640	1,939,432	47,359	140,034	2,126,825
36,364,553	1,632,665	3,538,918	41,536,136	34,366,999	1,584,596	3,393,139	39,344,734	1,997,553	48,069	145,779	2,191,402
37,471,973	1,749,220	3,592,002	42,813,194	35,413,587	1,697,718	3,444,036	40,555,342	2,058,386	51,501	147,966	2,257,853
38,604,434	1,775,458	3,737,029	44,116,921	36,483,841	1,723,184	3,583,089	41,790,114	2,120,593	52,274	153,940	2,326,807
39,762,437	1,802,090	3,885,599	45,450,126	37,578,233	1,749,032	3,725,539	43,052,804	2,184,204	53,058	160,060	2,397,322
40,973,205	1,829,121	3,943,883	46,746,208	38,722,492	1,775,267	3,781,422	44,279,181	2,250,713	53,854	162,461	2,467,028
42,211,349	1,954,271	4,098,352	48,263,972	39,892,623	1,896,733	3,929,527	45,718,883	2,318,726	57,538	168,824	2,545,088
43,504,935	1,983,585	4,159,827	49,648,348	41,115,151	1,925,184	3,988,470	47,028,805	2,389,784	58,401	171,357	2,619,542
44,827,832	2,013,339	4,320,415	51,161,587	42,365,379	1,954,062	4,142,444	48,461,885	2,462,453	59,277	177,972	2,699,702
46,180,627	2,145,716	4,484,886	52,811,229	43,643,864	2,082,541	4,300,139	50,026,544	2,536,764	63,175	184,747	2,784,685
47,563,920	2,177,902	4,552,159	54,293,981	44,951,170	2,113,780	4,364,641	51,429,591	2,612,750	64,123	187,518	2,864,390
49,007,526	2,210,571	4,723,118	55,941,215	46,315,478	2,145,486	4,528,558	52,989,521	2,692,049	65,084	194,560	2,951,693
50,483,739	2,350,573	4,898,181	57,732,494	47,710,600	2,281,367	4,696,410	54,688,377	2,773,139	69,206	201,772	3,044,117
52,023,301	2,385,832	5,077,434	59,486,567	49,165,591	2,315,588	4,868,278	56,349,457	2,857,709	70,244	209,156	3,137,110
53,597,690	2,421,619	5,153,595	61,172,905	50,653,497	2,350,321	4,941,302	57,945,121	2,944,193	71,298	212,293	3,227,784
55,176,608	2,569,668	5,339,876	63,086,153	52,145,683	2,494,011	5,119,910	59,759,605	3,030,925	75,657	219,967	3,326,548
56,853,760	2,608,214	5,530,586	64,992,560	53,730,707	2,531,422	5,302,764	61,564,892	3,123,053	76,792	227,822	3,427,667

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación,  
Situación con proyecto TRAMO 3**

COV, Sit Optimizada vs Con Proyecto, en el Horizonte de Evaluación											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV
80,859,018	9,478,410	11,843,780	102,181,208	73,702,922	9,051,979	11,128,660	93,883,561	7,156,096	426,432	715,119	8,297,647
83,292,652	9,952,331	12,021,436	105,266,420	75,921,178	9,504,578	11,295,590	96,721,345	7,371,475	447,753	725,846	8,545,074
85,781,103	10,101,616	12,531,535	108,414,253	78,189,398	9,647,146	11,774,889	99,611,433	7,591,705	454,469	756,646	8,802,820
88,422,207	10,594,911	12,719,508	111,736,627	80,596,762	10,118,249	11,951,513	102,666,524	7,825,445	476,663	767,995	9,070,103
91,123,245	10,753,835	13,250,046	115,127,125	83,058,755	10,270,022	12,450,017	105,778,794	8,064,489	483,813	800,029	9,348,331
93,785,752	11,267,244	13,448,796	118,501,792	85,485,628	10,760,333	12,636,767	108,882,728	8,300,124	506,911	812,029	9,619,064
96,709,954	11,436,252	14,000,542	122,146,748	88,151,036	10,921,738	13,155,198	112,227,972	8,558,918	514,514	845,343	9,918,776
99,598,102	11,970,540	14,565,814	126,134,455	90,783,580	11,431,988	13,686,340	115,901,907	8,814,522	538,552	879,474	10,232,548
102,551,134	12,150,098	14,784,301	129,485,533	93,475,266	11,603,468	13,891,635	118,970,368	9,075,868	546,630	892,666	10,515,164
105,676,130	12,706,057	15,372,067	133,754,254	96,323,697	12,134,414	14,443,912	122,902,023	9,352,433	571,643	928,155	10,852,231
108,871,801	12,896,648	15,602,648	137,371,097	99,236,548	12,316,431	14,660,571	126,213,550	9,635,253	580,217	942,077	11,157,547
112,139,566	13,475,100	16,213,752	141,828,418	102,215,113	12,868,859	15,234,776	130,318,748	9,924,453	606,242	978,975	11,509,670
115,591,481	13,677,227	16,839,678	146,108,386	105,361,531	13,061,892	15,822,909	134,246,332	10,229,950	615,335	1,016,768	11,862,054
119,121,722	14,279,025	17,092,273	150,493,020	108,579,342	13,636,615	16,060,253	138,276,210	10,542,380	642,410	1,032,020	12,216,810
122,617,905	14,493,210	17,742,945	154,854,061	111,766,110	13,841,164	16,671,638	142,278,912	10,851,795	652,046	1,071,307	12,575,149
126,423,505	15,119,237	18,409,291	159,952,032	115,234,911	14,439,025	17,297,750	146,971,686	11,188,594	680,211	1,111,541	12,980,346
130,198,282	15,346,025	18,685,430	164,229,737	118,675,616	14,655,611	17,557,217	150,888,444	11,522,666	690,414	1,128,214	13,341,293
134,177,019	15,997,194	19,378,010	169,552,223	122,302,232	15,277,484	18,207,979	155,787,694	11,874,787	719,710	1,170,031	13,764,529
138,245,824	16,237,152	20,087,163	174,570,139	126,010,944	15,506,646	18,874,313	160,391,903	12,234,880	730,506	1,212,849	14,178,235
142,406,503	16,914,412	20,813,230	180,134,145	129,803,399	16,153,437	19,556,541	165,513,377	12,603,104	760,976	1,256,689	14,620,769

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Costos Tiempo de Recorrido



Los costos por tiempo de recorrido (CTR) consideran los costos del TDPA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

**Tiempo de Recorrido (minutos)**

	AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Reduccion de tiempo Tiempo de Recorrido (minutos)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	13.58	14.00	14.35	11.10	12.00	12.46	2.48	2.00	1.89
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	1	10.46	10.57	11.04	8.55	9.23	9.59	1.91	1.34	1.45
Mecalapa - Metlatoyuca	1	39.27	38.02	38.58	32.10	32.59	33.50	7.17	5.43	5.08

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Para determinar los CTR se consideraron los parámetros establecidos en la ingeniería de tránsito de las velocidades registradas en los días más representativos. Asimismo se consideró el valor social del tiempo del año 2021 para viajes de trabajo y de placer establecido para el estado de Puebla publicado por el Instituto Mexicano del Transporte.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los parámetros considerados en el modelo relacionados con el tiempo.

**Parámetros Considerados para el estado de Puebla.**

CONFIGURACIÓN VALOR DEL TIEMPO		
Valor del tiempo viaje de trabajo	69.00	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	41.40	\$/hr
% de viajeros por motivo de trabajo	60%	
Número de pasajeros auto	2.86	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	19.37	ton/veh
Tasa de Descuento	10%	

Fuente: Boletín técnico 189 Instituto Mexicano del Transporte. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, para el estado de Puebla 2021 (<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=525&IdBoletin=189>)

Los CTR se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:



TABLA. Costos Tiempo de Recorrido en el primer año, situación con proyecto.

	AÑO	Sit. Optimizada				Sit. Con PPI				Ahorros			
		A	B	C	TOTAL	A	B	C	Total	A	B	C	TOTAL
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	10,657,791	1,719,447	710,187	13,087,425	8,711,450	1,473,812	616,650	10,801,911	1,946,342	245,635	93,537	2,285,514
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	1	14,360,768	1,298,183	721,994	16,380,944	11,738,486	1,133,607	627,166	13,499,260	2,622,282	164,576	94,827	2,881,684
Mecalapa - Metlatoyuca	1	34,622,640	7,965,665	2,523,053	45,111,359	28,301,165	6,828,013	2,190,832	37,320,009	6,321,475	1,137,653	332,222	7,791,350

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Tabla. Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 1

CTR por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR
10,657,791	1,719,447	710,187	13,087,425	8,711,450	1,473,812	616,650	10,801,911	1,946,342	245,635	93,537	2,285,514
10,986,188	1,921,559	760,963	13,668,709	8,980,565	1,647,103	660,692	11,288,360	2,005,622	274,456	100,270	2,380,349
11,319,881	1,921,559	760,963	14,002,402	9,253,569	1,647,103	660,692	11,561,364	2,066,312	274,456	100,270	2,441,038
11,658,721	1,921,559	813,382	14,393,662	9,529,879	1,647,103	706,225	11,883,207	2,128,842	274,456	107,157	2,510,455
12,002,498	1,921,559	813,382	14,737,439	9,810,941	1,647,103	706,225	12,164,269	2,191,557	274,456	107,157	2,573,170
12,379,331	2,135,190	867,543	15,382,064	10,119,630	1,830,040	753,331	12,703,001	2,259,701	305,150	114,212	2,679,063
12,733,043	2,135,190	867,543	15,735,776	10,408,646	1,830,040	753,331	12,992,018	2,324,396	305,150	114,212	2,743,758
13,120,940	2,135,190	867,543	16,123,674	10,726,253	1,830,040	753,331	13,309,625	2,394,687	305,150	114,212	2,814,049
13,514,400	2,359,754	923,486	16,797,640	11,049,382	2,022,575	801,866	13,873,823	2,465,018	337,179	121,620	2,923,817
13,945,022	2,359,754	923,486	17,228,261	11,401,573	2,022,575	801,866	14,226,014	2,543,448	337,179	121,620	3,002,247
14,353,000	2,359,754	981,292	17,694,046	11,733,759	2,022,575	852,021	14,608,355	2,619,242	337,179	129,271	3,085,691
14,765,846	2,359,754	981,292	18,106,891	12,070,862	2,022,575	852,021	14,945,458	2,694,984	337,179	129,271	3,161,434
15,218,032	2,595,820	1,040,818	18,854,670	12,438,427	2,224,989	903,676	15,567,092	2,779,605	370,831	137,142	3,287,578
15,708,486	2,595,820	1,040,818	19,345,124	12,838,513	2,224,989	903,676	15,967,178	2,869,972	370,831	137,142	3,377,946
16,173,439	2,595,820	1,102,182	19,871,441	13,218,612	2,224,989	956,902	16,400,502	2,954,827	370,831	145,281	3,470,939
16,643,660	2,843,207	1,102,182	20,589,050	13,604,292	2,436,941	956,902	16,998,135	3,039,368	406,266	145,281	3,590,914
17,123,077	2,843,207	1,165,242	21,131,527	13,995,310	2,436,941	1,011,569	17,443,820	3,127,767	406,266	153,674	3,687,707



Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura

17,643,172	2,843,207	1,229,822	21,716,202	14,421,211	2,436,941	1,067,781	17,925,933	3,221,961	406,266	162,041	3,790,269
18,169,385	3,101,935	1,229,822	22,501,143	14,853,631	2,658,161	1,067,781	18,579,573	3,315,755	443,774	162,041	3,921,570
18,706,189	3,101,935	1,296,463	23,104,588	15,292,289	2,658,161	1,125,411	19,075,861	3,413,900	443,774	171,052	4,028,726

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.

(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla. Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 2**

CTR por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR
14,360,768	1,298,183	721,994	16,380,944	11,738,486	1,133,607	627,166	13,499,260	2,622,282	164,576	94,827	2,881,684
14,805,153	1,298,069	760,948	16,864,170	12,100,823	1,133,594	661,058	13,895,475	2,704,331	164,475	99,890	2,968,695
15,256,541	1,450,678	800,926	17,508,144	12,469,315	1,266,838	695,909	14,432,061	2,787,226	183,840	105,018	3,076,083
15,714,666	1,450,678	800,926	17,966,270	12,841,969	1,266,838	695,909	14,804,715	2,872,698	183,840	105,018	3,161,555
16,179,208	1,450,678	841,969	18,471,855	13,220,810	1,266,838	731,664	15,219,313	2,958,398	183,840	110,305	3,252,542
16,672,736	1,611,825	841,969	19,126,530	13,622,691	1,407,672	731,664	15,762,027	3,050,045	204,153	110,305	3,364,502
17,173,271	1,611,825	884,004	19,669,101	14,031,377	1,407,672	768,256	16,207,305	3,141,894	204,153	115,749	3,461,796
17,680,415	1,611,825	927,182	20,219,422	14,446,697	1,407,672	805,778	16,660,146	3,233,718	204,153	121,404	3,559,276
18,218,806	1,611,825	927,182	20,757,813	14,886,976	1,407,672	805,778	17,100,425	3,331,830	204,153	121,404	3,657,387
18,764,377	1,781,340	971,449	21,517,167	15,334,532	1,555,864	844,170	17,734,566	3,429,845	225,476	127,280	3,782,601
19,343,315	1,781,340	971,449	22,096,105	15,808,796	1,555,864	844,170	18,208,830	3,534,519	225,476	127,280	3,887,275
19,930,040	1,781,340	1,016,742	22,728,123	16,287,668	1,555,864	883,360	18,726,892	3,642,372	225,476	133,382	4,001,231
20,524,004	1,959,262	1,062,983	23,546,249	16,773,971	1,711,288	923,484	19,408,743	3,750,033	247,973	139,499	4,137,505
21,130,101	1,959,262	1,062,983	24,152,346	17,267,416	1,711,288	923,484	19,902,189	3,862,685	247,973	139,499	4,250,158
21,767,111	1,959,262	1,110,081	24,836,453	17,789,794	1,711,288	964,488	20,465,570	3,977,317	247,973	145,593	4,370,883
22,417,244	2,145,962	1,158,263	25,721,468	18,319,944	1,874,466	1,006,307	21,200,717	4,097,300	271,496	151,955	4,520,751
23,100,203	2,145,962	1,207,471	26,453,636	18,881,011	1,874,466	1,049,134	21,804,611	4,219,192	271,496	158,337	4,649,024
23,797,345	2,145,962	1,207,471	27,150,778	19,450,528	1,874,466	1,049,134	22,374,128	4,346,817	271,496	158,337	4,776,649





Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura

24,474,382	2,340,936	1,257,640	28,072,958	20,003,101	2,044,915	1,092,933	23,140,949	4,471,281	296,021	164,706	4,932,009
25,220,038	2,340,936	1,309,089	28,870,063	20,608,474	2,044,915	1,137,661	23,791,050	4,611,564	296,021	171,428	5,079,013

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla. Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 3**

CTR por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR
34,622,640	7,965,665	2,523,053	45,111,359	28,301,165	6,828,013	2,190,832	37,320,009	6,321,475	1,137,653	332,222	7,791,350
35,650,632	8,515,103	2,522,788	46,688,522	29,144,486	7,298,436	2,190,939	38,633,861	6,506,145	1,216,667	331,849	8,054,661
36,692,058	8,515,103	2,659,317	47,866,478	29,998,505	7,298,436	2,309,302	39,606,243	6,693,553	1,216,667	350,015	8,260,235
37,830,575	9,083,468	2,659,317	49,573,359	30,934,015	7,785,090	2,309,302	41,028,407	6,896,559	1,298,377	350,015	8,544,952
38,986,580	9,083,468	2,799,514	50,869,561	31,880,973	7,785,090	2,430,774	42,096,837	7,105,607	1,298,377	368,740	8,772,724
40,079,642	9,669,899	2,799,514	52,549,055	32,772,512	8,287,944	2,430,774	43,491,230	7,307,129	1,381,955	368,740	9,057,824
41,357,440	9,669,899	2,943,095	53,970,434	33,817,746	8,287,944	2,555,601	44,661,291	7,539,694	1,381,955	387,494	9,309,143
42,571,253	10,274,837	3,090,438	55,936,529	34,806,217	8,805,523	2,683,588	46,295,328	7,765,036	1,469,314	406,850	9,641,201
43,799,649	10,274,837	3,090,438	57,164,924	35,809,406	8,805,523	2,683,588	47,298,516	7,990,243	1,469,314	406,850	9,866,408
45,130,693	10,896,498	3,241,299	59,268,491	36,900,501	9,339,856	2,814,495	49,054,851	8,230,192	1,556,643	426,805	10,213,640
46,490,511	10,896,498	3,241,299	60,628,308	38,009,389	9,339,856	2,814,495	50,163,739	8,481,122	1,556,643	426,805	10,464,569
47,867,320	11,538,427	3,395,383	62,801,131	39,135,501	9,889,728	2,948,660	51,973,890	8,731,819	1,648,699	446,723	10,827,241
49,357,381	11,538,427	3,553,229	64,449,037	40,350,484	9,889,728	3,085,881	53,326,094	9,006,897	1,648,699	467,348	11,122,943
50,867,454	12,196,331	3,553,229	66,617,014	41,585,466	10,455,910	3,085,881	55,127,258	9,281,988	1,740,420	467,348	11,489,756
52,306,096	12,196,331	3,714,616	68,217,042	42,763,159	10,455,910	3,225,916	56,444,985	9,542,937	1,740,420	488,700	11,772,057
53,956,032	12,874,707	3,879,280	70,710,019	44,112,623	11,037,122	3,369,241	58,518,985	9,843,410	1,837,585	510,039	12,191,034
55,532,410	12,874,707	3,879,280	72,286,396	45,403,160	11,037,122	3,369,241	59,809,523	10,129,249	1,837,585	510,039	12,476,873
57,237,031	13,568,852	4,047,989	74,853,872	46,794,009	11,634,482	3,515,679	61,944,170	10,443,022	1,934,370	532,310	12,909,702
58,961,095	13,568,852	4,220,595	76,750,542	48,205,406	11,634,482	3,665,018	63,504,906	10,755,688	1,934,370	555,577	13,245,636



Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura

60,719,748	14,284,485	4,396,916	79,401,149	49,636,319	12,246,751	3,817,929	65,700,999	11,083,429	2,037,735	578,987	13,700,150
------------	------------	-----------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	-----------	---------	------------

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

## Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) se definen como el costo en el que incurren los usuarios de la carretera. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), u el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo: combustible, neumáticos, lubricantes, entre otros)

Los CGV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Generalizados de Viaje, situación con proyecto.

	AÑO	Sit. Optimizada				Sit. Con PPI				Ahorros			
		A	B	C	TOTAL	A	B	C	Total	A	B	C	TOTAL
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	37,692,303	3,767,077	4,026,185	45,485,565	32,508,107	3,398,488	3,671,306	39,577,900	5,184,196	368,589	354,880	5,907,665
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	1	46,631,169	2,750,995	3,806,233	53,188,396	42,236,231	2,543,645	3,584,356	48,364,232	4,394,938	207,350	221,877	4,824,164
Mecapalapa - Metlatoyuca	1	115,481,658	17,444,076	14,366,833	147,292,567	102,004,087	15,879,991	13,319,492	131,203,570	13,477,571	1,564,084	1,047,341	16,088,997

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 1

CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
-	-	-	-	-	-	-	-				
37,692,303	3,767,077	4,026,185	45,485,565	32,508,107	3,398,488	3,671,306	39,577,900	5,184,196	368,589	354,880	5,907,665



**CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto**

SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
38,849,457	4,122,158	4,246,906	47,218,521	33,506,722	3,715,563	3,871,899	41,094,184	5,342,735	406,595	375,007	6,124,337
40,030,687	4,155,167	4,299,195	48,485,050	34,525,755	3,746,590	3,920,067	42,192,412	5,504,932	408,577	379,128	6,292,637
41,236,221	4,188,671	4,528,527	49,953,419	35,564,958	3,778,082	4,128,569	43,471,609	5,671,264	410,589	399,958	6,481,810
42,466,233	4,222,678	4,584,254	51,273,165	36,626,113	3,810,047	4,179,904	44,616,064	5,840,121	412,631	404,350	6,657,101
43,786,668	4,600,584	4,822,559	53,209,810	37,765,390	4,147,395	4,396,642	46,309,426	6,021,278	453,189	425,917	6,900,384
45,067,438	4,637,565	4,881,884	54,586,887	38,870,434	4,182,155	4,451,291	47,503,881	6,197,004	455,410	430,593	7,083,007
46,441,706	4,675,100	4,942,099	56,058,906	40,056,276	4,217,437	4,506,761	48,780,474	6,385,430	457,664	435,339	7,278,432
47,843,852	5,073,447	5,192,569	58,109,868	41,267,283	4,573,319	4,734,491	50,575,093	6,576,569	500,128	458,078	7,534,775
49,345,654	5,114,152	5,256,606	59,716,412	42,562,363	4,611,580	4,793,481	51,967,424	6,783,292	502,572	463,125	7,748,989
50,808,898	5,155,468	5,516,849	61,481,215	43,823,426	4,650,416	5,030,119	53,503,961	6,985,471	505,053	486,730	7,977,254
52,300,701	5,197,404	5,584,883	63,082,987	45,110,263	4,689,833	5,092,790	54,892,886	7,190,438	507,571	492,092	8,190,101
53,897,556	5,620,046	5,855,058	65,372,660	46,485,404	5,067,619	5,338,493	56,891,516	7,412,152	552,427	516,565	8,481,145
55,600,744	5,665,410	5,927,272	67,193,425	47,952,978	5,110,259	5,405,015	58,468,252	7,647,766	555,151	522,257	8,725,174
57,263,308	5,711,453	6,207,808	69,182,569	49,387,253	5,153,538	5,660,139	60,200,929	7,876,055	557,916	547,669	8,981,640
58,958,093	6,156,164	6,284,392	71,398,650	50,850,834	5,550,965	5,730,688	62,132,487	8,107,259	605,199	553,705	9,266,163
60,689,566	6,205,859	6,575,469	73,470,894	52,343,952	5,597,675	5,995,401	63,937,028	8,345,614	608,183	580,068	9,533,866
62,534,514	6,256,298	6,873,741	75,664,554	53,936,032	5,645,086	6,266,887	65,848,005	8,598,483	611,212	606,854	9,816,548
64,415,524	6,723,690	6,958,400	78,097,613	55,560,987	6,062,441	6,344,874	67,968,302	8,854,536	661,249	613,526	10,129,312
66,337,667	6,778,016	7,268,118	80,383,802	57,219,067	6,113,505	6,626,424	69,958,996	9,118,600	664,511	641,694	10,424,806

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 2**



**CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto**

SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46,631,169	2,750,995	3,806,233	53,188,396	42,236,231	2,543,645	3,584,356	48,364,232	4,394,938	207,350	221,877	4,824,164
48,065,006	2,772,673	3,976,059	54,813,738	43,533,667	2,564,783	3,743,729	49,842,179	4,531,339	207,890	232,330	4,971,560
49,528,268	3,035,443	4,150,142	56,713,853	44,858,450	2,804,945	3,907,159	51,570,553	4,669,818	230,499	242,983	5,143,299
51,021,141	3,059,215	4,200,380	58,280,735	46,209,011	2,828,016	3,955,328	52,992,355	4,812,129	231,199	245,052	5,288,380
52,543,761	3,083,343	4,380,887	60,007,991	47,587,810	2,851,434	4,124,803	54,564,047	4,955,951	231,909	256,084	5,443,944
54,144,709	3,361,045	4,433,971	61,939,724	49,036,278	3,105,390	4,175,700	56,317,369	5,108,430	255,654	258,271	5,622,355
55,777,705	3,387,283	4,621,033	63,786,021	50,515,218	3,130,856	4,351,345	57,997,418	5,262,487	256,427	269,689	5,788,603
57,442,852	3,413,915	4,812,781	65,669,547	52,024,930	3,156,704	4,531,316	59,712,950	5,417,922	257,211	281,465	5,956,597
59,192,010	3,440,946	4,871,065	67,504,021	53,609,468	3,182,939	4,587,199	61,379,606	5,582,543	258,007	283,865	6,124,415
60,975,726	3,735,612	5,069,801	69,781,139	55,227,155	3,452,597	4,773,697	63,453,450	5,748,571	283,014	296,104	6,327,689
62,848,250	3,764,926	5,131,276	71,744,452	56,923,947	3,481,048	4,832,640	65,237,635	5,924,303	283,878	298,636	6,506,817
64,757,872	3,794,680	5,337,158	73,889,710	58,653,047	3,509,926	5,025,804	67,188,777	6,104,825	284,754	311,354	6,700,933
66,704,631	4,104,978	5,547,869	76,357,478	60,417,834	3,793,830	5,223,623	69,435,288	6,286,797	311,148	324,246	6,922,191
68,694,021	4,137,164	5,615,142	78,446,327	62,218,586	3,825,068	5,288,125	71,331,780	6,475,435	312,096	327,017	7,114,548
70,774,637	4,169,832	5,833,199	80,777,668	64,105,272	3,856,775	5,493,046	73,455,092	6,669,365	313,058	340,154	7,322,577
72,900,983	4,496,535	6,056,444	83,453,962	66,030,544	4,155,833	5,702,717	75,889,094	6,870,440	340,702	353,727	7,564,869
75,123,504	4,531,794	6,284,905	85,940,202	68,046,603	4,190,053	5,917,413	78,154,069	7,076,901	341,740	367,492	7,786,134
77,395,035	4,567,581	6,361,067	88,323,683	70,104,025	4,224,787	5,990,437	80,319,249	7,291,010	342,794	370,630	8,004,433
79,650,990	4,910,605	6,597,516	91,159,111	72,148,784	4,538,926	6,212,843	82,900,554	7,502,206	371,678	384,673	8,258,557
82,073,798	4,949,150	6,839,676	93,862,623	74,339,181	4,576,336	6,440,425	85,355,942	7,734,617	372,813	399,251	8,506,681

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 3**

CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
115,481,658	17,444,076	14,366,833	147,292,567	102,004,087	15,879,991	13,319,492	131,203,570	13,477,571	1,564,084	1,047,341	16,088,997
118,943,284	18,467,433	14,544,224	151,954,942	105,065,664	16,803,013	13,486,530	135,355,207	13,877,620	1,664,420	1,057,695	16,599,735
122,473,161	18,616,718	15,190,852	156,280,732	108,187,903	16,945,582	14,084,191	139,217,676	14,285,258	1,671,136	1,106,661	17,063,055
126,252,782	19,678,379	15,378,825	161,309,986	111,530,777	17,903,339	14,260,815	143,694,931	14,722,005	1,775,040	1,118,011	17,615,055
130,109,825	19,837,302	16,049,560	165,996,687	114,939,728	18,055,113	14,880,791	147,875,632	15,170,096	1,782,190	1,168,769	18,121,055
133,865,394	20,937,143	16,248,310	171,050,847	118,258,141	19,048,277	15,067,541	152,373,959	15,607,253	1,888,866	1,180,769	18,676,888
138,067,394	21,106,152	16,943,637	176,117,182	121,968,781	19,209,682	15,710,800	156,889,263	16,098,612	1,896,469	1,232,837	19,227,919
142,169,355	22,245,377	17,656,252	182,070,984	125,589,797	20,237,511	16,369,928	162,197,235	16,579,558	2,007,866	1,286,324	19,873,749
146,350,783	22,424,935	17,874,739	186,650,457	129,284,672	20,408,991	16,575,223	166,268,885	17,066,111	2,015,944	1,299,517	20,381,572
150,806,823	23,602,555	18,613,366	193,022,745	133,224,198	21,474,270	17,258,407	171,956,874	17,582,625	2,128,285	1,354,960	21,065,870
155,362,312	23,793,146	18,843,947	197,999,405	137,245,937	21,656,286	17,475,065	176,377,289	18,116,375	2,136,860	1,368,882	21,622,117
160,006,886	25,013,528	19,609,135	204,629,549	141,350,614	22,758,587	18,183,436	182,292,638	18,656,272	2,254,941	1,425,699	22,336,911
164,948,861	25,215,654	20,392,907	210,557,423	145,712,014	22,951,620	18,908,791	187,572,425	19,236,847	2,264,034	1,484,116	22,984,997
169,989,176	26,475,356	20,645,502	217,110,034	150,164,808	24,092,525	19,146,135	193,403,468	19,824,368	2,382,831	1,499,368	23,706,567
174,924,001	26,689,541	21,457,561	223,071,103	154,529,269	24,297,074	19,897,554	198,723,897	20,394,732	2,392,467	1,560,007	24,347,206
180,379,537	27,993,943	22,288,571	230,662,051	159,347,533	25,476,147	20,666,991	205,490,672	21,032,004	2,517,796	1,621,579	25,171,380
185,730,691	28,220,732	22,564,710	236,516,133	164,078,777	25,692,732	20,926,458	210,697,967	21,651,915	2,527,999	1,638,253	25,818,167
191,414,050	29,566,046	23,425,999	244,406,095	169,096,241	26,911,966	21,723,658	217,731,865	22,317,809	2,654,080	1,702,341	26,674,231
197,206,919	29,806,004	24,307,758	251,320,681	174,216,350	27,141,129	22,539,331	223,896,810	22,990,569	2,664,876	1,768,427	27,423,871
203,126,251	31,198,898	25,210,146	259,535,295	179,439,718	28,400,187	23,374,470	231,214,376	23,686,533	2,798,710	1,835,676	28,320,919

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.



Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura

(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



## V. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

### A. Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto de inversión

Los costos identificados para la ejecución de cada una de las obras que integran el proyecto de infraestructura vial, corresponden a los de inversión y mantenimiento durante la construcción y operación.

#### Costos de inversión

El monto total de la inversión incluyendo el IVA y retención se estima en: \$ 99,999,590.68 pesos

Tabla. Monto de inversión total del Proyecto

Componentes	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	COMPONENTES TOTAL	
				Monto sin IVA	Monto con IVA
TERRACERÍAS	M2	184,000.00	4.34	798,560.00	926,329.60
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	284,710.00	234.88	66,872,684.80	77,572,314.37
RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	M2	68,160.00	234.92	16,012,147.20	18,574,090.75
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL (RAYA CONTINUA Y DISCONTINUA DE 12 CM)	M	149,100.00	6.53	973,623.00	1,129,402.68
SEÑALAMIENTO VERTICAL (SEÑALAMIENTO PREVENTIVA, RESTRICTIVA Y INFORMATIVO)	PZA	67.00	808.354	54,159.72	62,825.27
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES (OBRA DE DRENAJE - ALCANTARILLA DE TUBO)	ML	659.00	2,187.46	1,441,536.14	1,672,181.92
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA EN EL KM 25+500, KM 34+150, KM 35+800 Y KM 42+820	M2	10.16	1,881.19	19,112.89	22,170.95
MUROS DE CONTENCIÓN (MAMPOSTERÍA)	M2	477.25	72.75	34,719.94	40,275.13
<b>TOTAL</b>				86,206,543.69	99,999,590.68

FUENTE: Secretaría de Infraestructura

#### Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento corresponden a las erogaciones que deben realizarse para lograr que el sistema seleccionado se mantenga en los niveles establecidos para satisfacer la demanda definida en el proyecto. Estos costos tienen considerados los estándares de calidad y servicio eficiente que requiere la demanda de acuerdo con las características del tránsito como densidad y composición. Para el proyecto, se consideran los siguientes costos de mantenimiento:



El mantenimiento estimado incluye un mantenimiento rutinario cada año, un periódico (Bacheo general y regos sello) cada 4 años y Mayor (Tendido de carpeta) cada 8 años. Los montos estimados para cada rubro se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla. Costos de mantenimiento (pesos)**

Concepto <sup>20</sup>	Sin IVA	Periodicidad	\$/km/carril	Mant. Total Tramo 1	Mant. Total Tramo 2	Mant. Total Tramo 3
Mantenimiento Rutinario	34,282	Anual	\$/km/carril	759,009.90	556,058.74	2,092,590.98
Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello)	119,988	c / 4 años	\$/km/carril	2,656,534.32	1,946,205.36	7,324,067.52
Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta)	589,655	c / 8 años	\$/km/carril	13,054,968.56	9,564,209.13	35,992,560.12

Fuente: Costos paramétricos para los trabajos de mantenimiento, Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento básico que incluye la limpieza general y reparación de pequeñas desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo.	Anual desde el inicio de operaciones.
Mantenimiento Periódico (Bacheo general y regos sello)	Obras de drenaje y señalamiento *Pintado de Raya *Señalamiento Vertical *Rehabilitación de alcantarillas y bocas de tormenta Pavimentos *Bacheo profundo aislado *Bacheo superficial aislado *Riego de Sello.	Cada 4 años
Mantenimiento Mayor (Tendido de carpeta)	Obras de drenaje y señalamiento * Rehabilitación de alcantarillas y bocas de tormenta *Pintado de Raya *Señalamiento Vertical Pavimentos *Bacheo profundo aislado *Bacheo superficial aislado *Sustitución de Carpeta de concreto asfáltico en tramos aislados.	Cada 8 años.

**TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Millones de pesos 2021).**

Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	19.44	5.91		25.35	
1			0.76	0.76	26.04
2			0.76	0.76	26.66

<sup>20</sup> El costo de mantenimiento es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación, así como su periodicidad indicada en la "Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores". [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met\\_Caminos\\_Rurales\\_Parte1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21423/Met_Caminos_Rurales_Parte1.pdf)





Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
3			0.76	0.76	27.23
4			2.66	2.66	29.05
5			0.76	0.76	29.52
6			0.76	0.76	29.95
7			0.76	0.76	30.34
8			13.05	13.05	36.43
9			0.76	0.76	36.75
10			0.76	0.76	37.04
11			0.76	0.76	37.31
12			2.66	2.66	38.15
13			0.76	0.76	38.37
14			0.76	0.76	38.57
15			0.76	0.76	38.76
16			13.05	13.05	41.60
17			0.76	0.76	41.75
18			0.76	0.76	41.88
19			0.76	0.76	42.01
20			2.66	2.66	42.40

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Millones de pesos 2021).

Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>14.95</b>	<b>4.82</b>		19.77	
1			0.56	0.56	20.28
2			0.56	0.56	20.74
3			0.56	0.56	21.15
4			1.95	1.95	22.48
5			0.56	0.56	22.83
6			0.56	0.56	23.14
7			0.56	0.56	23.43
8			9.56	9.56	27.89
9			0.56	0.56	28.12
10			0.56	0.56	28.34
11			0.56	0.56	28.53
12			1.95	1.95	29.15
13			0.56	0.56	29.32
14			0.56	0.56	29.46



Autopista Tuxpan – México – Mecalapa					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
15			0.56	0.56	29.59
16			9.56	9.56	31.68
17			0.56	0.56	31.79
18			0.56	0.56	31.89
19			0.56	0.56	31.98
20			1.95	1.95	32.27

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

TABLA. Flujo de costos correspondientes a la Alternativa 1. (Millones de pesos 2021).

Mecalapa - Metlatoyuca					
Horizonte	Inversión (sin iva)	costo por molestia	Costos de Mantenimiento	Flujo	VAN
0	<b>51.82</b>	<b>16.09</b>		67.91	
1			2.09	2.09	69.81
2			2.09	2.09	71.54
3			2.09	2.09	73.12
4			7.32	7.32	78.12
5			2.09	2.09	79.42
6			2.09	2.09	80.60
7			2.09	2.09	81.67
8			35.99	35.99	98.46
9			2.09	2.09	99.35
10			2.09	2.09	100.16
11			2.09	2.09	100.89
12			7.32	7.32	103.22
13			2.09	2.09	103.83
14			2.09	2.09	104.38
15			2.09	2.09	104.88
16			35.99	35.99	112.72
17			2.09	2.09	113.13
18			2.09	2.09	113.51
19			2.09	2.09	113.85
20			7.32	7.32	114.94

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

### Costos por molestias

Los cálculos de los costos por molestia son aquellos que se generan durante la ejecución de la obra, siendo el resultando de la diferencia del costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo los



efectos de la congestión, menos el costo generalizado de viaje de la situación con proyecto para el mismo periodo de construcción, multiplicado por el número de vehículos que transitan en el tramo.

En este contexto, el proyecto considera costos por molestias, es decir, costos generalizados de viaje (CGV's) adicionales que experimenta el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión.<sup>21</sup> Los costos son percibidos por los usuarios, en el TDPA, por disminución de velocidades de recorrido, aumento en los tiempos de traslado, lo cual se refleja en mayores costos de operación y de tiempo de recorrido.

Finalmente, los costos en que incurre el TDPA en el momento de la inversión se registra como la diferencia de los CGV's entre la situación actual y situación optimizada, es decir, los costos adicionales en que incurre el usuario al realizar el recorrido durante el periodo de inversión, como se muestra a continuación.

TABLA. COSTOS POR MOLESTIAS DE LA ALTERNATIVA 1:

Costos	Monto (mdp)
Costos por molestias TRAMO 1	5.91
Costos por molestias TRAMO 2	4.82
Costos por molestias TRAMO 3	16.09

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

## B. Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión

El principal beneficio a generarse con la ejecución del proyecto, es la reducción de los costos generalizados de viaje (CGV) los cuales incluyen los costos de operación Vehicular (COV) y los Costos por Tiempos de Recorrido (CTR). Este beneficio lo observarían de manera directa los usuarios en flujo vehicular que circularan por el tramo de la carretera.

- En el Periódico Oficial del Estado de Puebla de fecha 3 de diciembre de 2020 se publicó El Acuerdo de la Secretaría de Infraestructura, Movilidad y Transportes del Gobierno del Estado, por el que se dan a conocer las Vialidades de Jurisdicción Estatal.
- En el cual se considera los caminos, carreteras y puentes cuya conservación está a cargo del Gobierno del Estado de conformidad con lo establecido por los artículos 2, 8 y 16 fracción I de la Ley General de Bienes del Estado.
- El acuerdo señala que la carretera esta numerada con el folio 101 en un total de 49.70 kilómetros.

<sup>21</sup> CEPE Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. (2008) Costos por Molestias, pag 13) <https://www.cepep.gob.mx/>.



## Velocidades de circulación

La velocidad de operación para cada tipo de vehículo está en relación a la longitud y al tiempo de recorrido.

TABLA. Velocidades de Operación vehicular promedio en el primer año, situación con proyecto.

	AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incremento		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	48.91	47.44	46.29	59.84	55.35	53.31	10.93	7.91	7.02
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	1	46.52	46.04	44.08	56.91	52.72	50.74	10.39	6.68	6.66
Mecapalapa - Metlatoyuca	1	46.63	48.16	47.47	57.05	56.19	54.66	10.42	8.02	7.20

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

**Tabla.** Velocidades de Operación vehicular promedio a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto.

Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México									
AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incrementos de Velocidad		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	48.91	47.44	46.29	59.84	55.35	53.31	10.93	7.91	7.02
2	48.18	44.95	44.74	58.94	52.44	51.53	10.76	7.49	6.79
3	47.47	44.95	44.74	58.07	52.44	51.53	10.60	7.49	6.79
4	46.78	44.95	43.30	57.23	52.44	49.87	10.45	7.49	6.57
5	46.11	44.95	43.30	56.41	52.44	49.87	10.30	7.49	6.57
6	45.41	42.70	41.95	55.55	49.82	48.31	10.14	7.12	6.36
7	44.78	42.70	41.95	54.78	49.82	48.31	10.00	7.12	6.36
8	44.12	42.70	41.95	53.97	49.82	48.31	9.85	7.12	6.36
9	43.48	40.67	40.68	53.18	47.45	46.85	9.70	6.78	6.17
10	42.81	40.67	40.68	52.36	47.45	46.85	9.55	6.78	6.17
11	42.20	40.67	39.48	51.62	47.45	45.47	9.42	6.78	5.99
12	41.61	40.67	39.48	50.90	47.45	45.47	9.29	6.78	5.99
13	40.99	38.82	38.35	50.15	45.29	44.17	9.16	6.47	5.82
14	40.35	38.82	38.35	49.37	45.29	44.17	9.02	6.47	5.82
15	39.77	38.82	37.28	48.66	45.29	42.94	8.89	6.47	5.66
16	39.21	37.13	37.28	47.97	43.32	42.94	8.76	6.19	5.66
17	38.66	37.13	36.27	47.30	43.32	41.78	8.64	6.19	5.51
18	38.09	37.13	35.32	46.60	43.32	40.68	8.51	6.19	5.36
19	37.54	35.58	35.32	45.92	41.52	40.68	8.38	5.94	5.36
20	37.00	35.58	34.41	45.26	41.52	39.64	8.26	5.94	5.23

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa



AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incrementos de Velocidad		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	46.52	46.04	44.08	56.91	52.72	50.74	10.39	6.68	6.66
2	45.82	46.04	42.95	56.06	52.72	49.44	10.24	6.68	6.49
3	45.14	43.62	41.88	55.23	49.95	48.20	10.09	6.33	6.32
4	44.48	43.62	41.88	54.43	49.95	48.20	9.95	6.33	6.32
5	43.84	43.62	40.86	53.65	49.95	47.02	9.81	6.33	6.16
6	43.19	41.44	40.86	52.86	47.45	47.02	9.67	6.01	6.16
7	42.56	41.44	39.89	52.09	47.45	45.90	9.53	6.01	6.01
8	41.95	41.44	38.96	51.34	47.45	44.83	9.39	6.01	5.87
9	41.33	41.44	38.96	50.58	47.45	44.83	9.25	6.01	5.87
10	40.73	39.47	38.07	49.84	45.19	43.81	9.11	5.72	5.74
11	40.12	39.47	38.07	49.09	45.19	43.81	8.97	5.72	5.74
12	39.53	39.47	37.22	48.37	45.19	42.84	8.84	5.72	5.62
13	38.96	37.68	36.41	47.67	43.14	41.91	8.71	5.46	5.50
14	38.40	37.68	36.41	46.99	43.14	41.91	8.59	5.46	5.50
15	37.84	37.68	35.64	46.30	43.14	41.02	8.46	5.46	5.38
16	37.29	36.04	34.90	45.63	41.26	40.17	8.34	5.22	5.27
17	36.74	36.04	34.19	44.95	41.26	39.35	8.21	5.22	5.16
18	36.20	36.04	34.19	44.29	41.26	39.35	8.09	5.22	5.16
19	35.70	34.54	33.51	43.68	39.54	38.56	7.98	5.00	5.05
20	35.17	34.54	32.85	43.04	39.54	37.80	7.87	5.00	4.95

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Mecapalapa - Metlatoyuca									
AÑO	Sit. Optimizada			Sit. Con PPI			Incrementos de Velocidad		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	46.63	48.16	47.47	57.05	56.19	54.66	10.42	8.02	7.20
2	45.96	46.61	47.47	56.22	54.38	54.66	10.26	7.77	7.19
3	45.31	46.61	46.25	55.42	54.38	53.26	10.11	7.77	7.01
4	44.63	45.15	46.25	54.58	52.68	53.26	9.95	7.53	7.01
5	43.97	45.15	45.09	53.77	52.68	51.93	9.80	7.53	6.84
6	43.37	43.78	45.09	53.04	51.08	51.93	9.67	7.30	6.84
7	42.70	43.78	43.99	52.22	51.08	50.66	9.52	7.30	6.67
8	42.09	42.49	42.94	51.48	49.58	49.45	9.39	7.09	6.51
9	41.50	42.49	42.94	50.76	49.58	49.45	9.26	7.09	6.51
10	40.89	41.28	41.94	50.01	48.16	48.30	9.12	6.88	6.36
11	40.29	41.28	41.94	49.28	48.16	48.30	8.99	6.88	6.36
12	39.71	40.13	40.99	48.57	46.82	47.20	8.86	6.69	6.21
13	39.11	40.13	40.08	47.84	46.82	46.15	8.73	6.69	6.07



14	38.53	39.05	40.08	47.13	45.55	46.15	8.60	6.50	6.07
15	38.00	39.05	39.21	46.48	45.55	45.15	8.48	6.50	5.94
16	37.42	38.02	38.38	45.77	44.35	44.19	8.35	6.33	5.81
17	36.89	38.02	38.38	45.12	44.35	44.19	8.23	6.33	5.81
18	36.34	37.05	37.58	44.45	43.21	43.27	8.11	6.16	5.69
19	35.81	37.05	36.81	43.80	43.21	42.39	7.99	6.16	5.58
20	35.29	36.12	36.07	43.17	42.13	41.54	7.88	6.01	5.47

*FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)*



## Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular (COV) consideran los costos de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular, de depreciación del vehículo, entre otros factores importantes. Los COV son medidos en pesos por kilómetro recorrido en un día en que incurren los usuarios en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los costos de circulación vehicular la Secretaría de Infraestructura utilizó son los costos de operación vehicular para métricos emitidos por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación No. 189<sup>22</sup>.

Dadas las características físicas y geométricas de la red vial, así como las velocidades de circulación, el modelo permite calcular los costos de tiempo y de operación para cada tipo de vehículo en flujo libre (sin detenciones).

Los COV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda, como se muestra a continuación:

**TABLA. Costos de Operación Vehicular (COV), situación con proyecto.**

	AÑO	Sit. Optimizada				Sit. Con PPI				Ahorros			
		A	B	C	TOTAL	A	B	C	Total	A	B	C	TOTAL
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	27,034,512	2,047,630	3,315,999	32,398,140	23,796,658	1,924,676	3,054,656	28,775,989	3,237,854	122,954	261,343	3,622,151
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	1	32,270,401	1,452,812	3,084,239	36,807,452	30,497,745	1,410,038	2,957,190	34,864,972	1,772,656	42,774	127,050	1,942,480
Mecalapa - Metlatoyuca	1	80,859,018	9,478,410	11,843,780	102,181,208	73,702,922	9,051,979	11,128,660	93,883,561	7,156,096	426,432	715,119	8,297,647

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

<sup>22</sup> <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=498&IdBoletin=182>



**Tabla. Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación,  
Situación con proyecto TRAMO 1**

COV, Sit Optimizada vs Con Proyecto, en el Horizonte de Evaluación											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV
27,034,512	2,047,630	3,315,999	32,398,140	23,796,658	1,924,676	3,054,656	28,775,989	3,237,854	122,954	261,343	3,622,151
27,863,269	2,200,599	3,485,944	33,549,812	24,526,157	2,068,460	3,211,207	29,805,824	3,337,112	132,139	274,737	3,743,988
28,710,806	2,233,608	3,538,233	34,482,647	25,272,186	2,099,487	3,259,375	30,631,049	3,438,620	134,121	278,858	3,851,599
29,577,500	2,267,113	3,715,144	35,559,757	26,035,079	2,130,979	3,422,344	31,588,402	3,542,422	136,133	292,801	3,971,355
30,463,735	2,301,119	3,770,871	36,535,726	26,815,172	2,162,944	3,473,679	32,451,795	3,648,564	138,175	297,193	4,083,931
31,407,337	2,465,394	3,955,016	37,827,746	27,645,760	2,317,354	3,643,310	33,606,425	3,761,576	148,039	311,705	4,221,321
32,334,396	2,502,375	4,014,341	38,851,111	28,461,788	2,352,115	3,697,960	34,511,862	3,872,608	150,260	316,381	4,339,249
33,320,766	2,539,910	4,074,556	39,935,232	29,330,023	2,387,396	3,753,429	35,470,849	3,990,743	152,514	321,127	4,464,384
34,329,452	2,713,694	4,269,083	41,312,228	30,217,901	2,550,744	3,932,625	36,701,271	4,111,551	162,949	336,458	4,610,958
35,400,632	2,754,399	4,333,119	42,488,151	31,160,789	2,589,006	3,991,615	37,741,410	4,239,843	165,393	341,505	4,746,741
36,455,897	2,795,715	4,535,557	43,787,169	32,089,668	2,627,841	4,178,098	38,895,606	4,366,230	167,874	357,459	4,891,563
37,534,855	2,837,651	4,603,591	44,976,096	33,039,401	2,667,258	4,240,769	39,947,429	4,495,454	170,392	362,821	5,028,667
38,679,524	3,024,226	4,814,240	46,517,990	34,046,977	2,842,631	4,434,817	41,324,424	4,632,548	181,596	379,423	5,193,566
39,892,258	3,069,590	4,886,453	47,848,301	35,114,465	2,885,270	4,501,339	42,501,074	4,777,794	184,320	385,115	5,347,228
41,089,869	3,115,633	5,105,625	49,311,128	36,168,641	2,928,549	4,703,237	43,800,427	4,921,229	187,084	402,388	5,510,701
42,314,433	3,312,957	5,182,210	50,809,600	37,246,542	3,114,024	4,773,786	45,134,351	5,067,891	198,933	408,424	5,675,248
43,566,489	3,362,651	5,410,227	52,339,367	38,348,642	3,160,734	4,983,832	46,493,208	5,217,847	201,917	426,395	5,846,158
44,891,342	3,413,091	5,643,919	53,948,352	39,514,821	3,208,145	5,199,106	47,922,072	5,376,521	204,946	444,812	6,026,279
46,246,138	3,621,755	5,728,577	55,596,471	40,707,357	3,404,280	5,277,093	49,388,729	5,538,782	217,475	451,485	6,207,742
47,631,478	3,676,081	5,971,655	57,279,214	41,926,778	3,455,344	5,501,013	50,883,134	5,704,700	220,738	470,642	6,396,080

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)





**Tabla. Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación,  
Situación con proyecto TRAMO 2**

COV, Sit Optimizada vs Con Proyecto, en el Horizonte de Evaluación											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV
32,270,401	1,452,812	3,084,239	36,807,452	30,497,745	1,410,038	2,957,190	34,864,972	1,772,656	42,774	127,050	1,942,480
33,259,853	1,474,604	3,215,111	37,949,568	31,432,844	1,431,188	3,082,671	35,946,703	1,827,008	43,416	132,441	2,002,865
34,271,727	1,584,766	3,349,215	39,205,708	32,389,135	1,538,107	3,211,250	37,138,492	1,882,592	46,659	137,965	2,067,216
35,306,474	1,608,537	3,399,453	40,314,465	33,367,042	1,561,178	3,259,419	38,187,640	1,939,432	47,359	140,034	2,126,825
36,364,553	1,632,665	3,538,918	41,536,136	34,366,999	1,584,596	3,393,139	39,344,734	1,997,553	48,069	145,779	2,191,402
37,471,973	1,749,220	3,592,002	42,813,194	35,413,587	1,697,718	3,444,036	40,555,342	2,058,386	51,501	147,966	2,257,853
38,604,434	1,775,458	3,737,029	44,116,921	36,483,841	1,723,184	3,583,089	41,790,114	2,120,593	52,274	153,940	2,326,807
39,762,437	1,802,090	3,885,599	45,450,126	37,578,233	1,749,032	3,725,539	43,052,804	2,184,204	53,058	160,060	2,397,322
40,973,205	1,829,121	3,943,883	46,746,208	38,722,492	1,775,267	3,781,422	44,279,181	2,250,713	53,854	162,461	2,467,028
42,211,349	1,954,271	4,098,352	48,263,972	39,892,623	1,896,733	3,929,527	45,718,883	2,318,726	57,538	168,824	2,545,088
43,504,935	1,983,585	4,159,827	49,648,348	41,115,151	1,925,184	3,988,470	47,028,805	2,389,784	58,401	171,357	2,619,542
44,827,832	2,013,339	4,320,415	51,161,587	42,365,379	1,954,062	4,142,444	48,461,885	2,462,453	59,277	177,972	2,699,702
46,180,627	2,145,716	4,484,886	52,811,229	43,643,864	2,082,541	4,300,139	50,026,544	2,536,764	63,175	184,747	2,784,685
47,563,920	2,177,902	4,552,159	54,293,981	44,951,170	2,113,780	4,364,641	51,429,591	2,612,750	64,123	187,518	2,864,390
49,007,526	2,210,571	4,723,118	55,941,215	46,315,478	2,145,486	4,528,558	52,989,521	2,692,049	65,084	194,560	2,951,693
50,483,739	2,350,573	4,898,181	57,732,494	47,710,600	2,281,367	4,696,410	54,688,377	2,773,139	69,206	201,772	3,044,117
52,023,301	2,385,832	5,077,434	59,486,567	49,165,591	2,315,588	4,868,278	56,349,457	2,857,709	70,244	209,156	3,137,110
53,597,690	2,421,619	5,153,595	61,172,905	50,653,497	2,350,321	4,941,302	57,945,121	2,944,193	71,298	212,293	3,227,784
55,176,608	2,569,668	5,339,876	63,086,153	52,145,683	2,494,011	5,119,910	59,759,605	3,030,925	75,657	219,967	3,326,548
56,853,760	2,608,214	5,530,586	64,992,560	53,730,707	2,531,422	5,302,764	61,564,892	3,123,053	76,792	227,822	3,427,667

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos de Operación Vehicular (COV) a lo largo del horizonte de evaluación,  
Situación con proyecto TRAMO 3**

COV, Sit Optimizada vs Con Proyecto, en el Horizonte de Evaluación											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV	A	B	C	TOTAL COV
80,859,018	9,478,410	11,843,780	102,181,208	73,702,922	9,051,979	11,128,660	93,883,561	7,156,096	426,432	715,119	8,297,647
83,292,652	9,952,331	12,021,436	105,266,420	75,921,178	9,504,578	11,295,590	96,721,345	7,371,475	447,753	725,846	8,545,074
85,781,103	10,101,616	12,531,535	108,414,253	78,189,398	9,647,146	11,774,889	99,611,433	7,591,705	454,469	756,646	8,802,820
88,422,207	10,594,911	12,719,508	111,736,627	80,596,762	10,118,249	11,951,513	102,666,524	7,825,445	476,663	767,995	9,070,103
91,123,245	10,753,835	13,250,046	115,127,125	83,058,755	10,270,022	12,450,017	105,778,794	8,064,489	483,813	800,029	9,348,331
93,785,752	11,267,244	13,448,796	118,501,792	85,485,628	10,760,333	12,636,767	108,882,728	8,300,124	506,911	812,029	9,619,064
96,709,954	11,436,252	14,000,542	122,146,748	88,151,036	10,921,738	13,155,198	112,227,972	8,558,918	514,514	845,343	9,918,776
99,598,102	11,970,540	14,565,814	126,134,455	90,783,580	11,431,988	13,686,340	115,901,907	8,814,522	538,552	879,474	10,232,548
102,551,134	12,150,098	14,784,301	129,485,533	93,475,266	11,603,468	13,891,635	118,970,368	9,075,868	546,630	892,666	10,515,164
105,676,130	12,706,057	15,372,067	133,754,254	96,323,697	12,134,414	14,443,912	122,902,023	9,352,433	571,643	928,155	10,852,231
108,871,801	12,896,648	15,602,648	137,371,097	99,236,548	12,316,431	14,660,571	126,213,550	9,635,253	580,217	942,077	11,157,547
112,139,566	13,475,100	16,213,752	141,828,418	102,215,113	12,868,859	15,234,776	130,318,748	9,924,453	606,242	978,975	11,509,670
115,591,481	13,677,227	16,839,678	146,108,386	105,361,531	13,061,892	15,822,909	134,246,332	10,229,950	615,335	1,016,768	11,862,054
119,121,722	14,279,025	17,092,273	150,493,020	108,579,342	13,636,615	16,060,253	138,276,210	10,542,380	642,410	1,032,020	12,216,810
122,617,905	14,493,210	17,742,945	154,854,061	111,766,110	13,841,164	16,671,638	142,278,912	10,851,795	652,046	1,071,307	12,575,149
126,423,505	15,119,237	18,409,291	159,952,032	115,234,911	14,439,025	17,297,750	146,971,686	11,188,594	680,211	1,111,541	12,980,346
130,198,282	15,346,025	18,685,430	164,229,737	118,675,616	14,655,611	17,557,217	150,888,444	11,522,666	690,414	1,128,214	13,341,293
134,177,019	15,997,194	19,378,010	169,552,223	122,302,232	15,277,484	18,207,979	155,787,694	11,874,787	719,710	1,170,031	13,764,529
138,245,824	16,237,152	20,087,163	174,570,139	126,010,944	15,506,646	18,874,313	160,391,903	12,234,880	730,506	1,212,849	14,178,235
142,406,503	16,914,412	20,813,230	180,134,145	129,803,399	16,153,437	19,556,541	165,513,377	12,603,104	760,976	1,256,689	14,620,769

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Costos Tiempo de Recorrido**



Los costos por tiempo de recorrido (CTR) consideran los costos del TDPA de acuerdo a la velocidad de recorrido, considerando los parámetros del valor del tiempo del chofer y de los pasajeros, en cada uno de los flujos de origen destino.

Para determinar los CTR se consideraron los parámetros establecidos en la ingeniería de tránsito de las velocidades registradas en los días más representativos. Asimismo se consideró el valor social del tiempo del año 2021 para viajes de trabajo y de placer establecido para el estado de Puebla publicado por el Instituto Mexicano del Transporte.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los parámetros considerados en el modelo relacionados con el tiempo.

Parámetros Considerados para el estado de Puebla.

CONFIGURACIÓN VALOR DEL TIEMPO		
Valor del tiempo viaje de trabajo	69.00	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	41.40	\$/hr
% de viajeros por motivo de trabajo	60%	
Número de pasajeros auto	2.86	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	19.37	ton/veh
Tasa de Descuento	10%	

Fuente: Boletín técnico 189 Instituto Mexicano del Transporte. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, para el estado de Puebla 2021 (<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=525&IdBoletin=189>)

Los CTR se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Tiempo de Recorrido en el primer año, situación con proyecto.

	AÑO	Sit. Optimizada				Sit. Con PPI				Ahorros			
		A	B	C	TOTAL	A	B	C	Total	A	B	C	TOTAL
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	10,657,791	1,719,447	710,187	13,087,425	8,711,450	1,473,812	616,650	10,801,911	1,946,342	245,635	93,537	2,285,514
Autopista Tuxpan – México – Mecalapa	1	14,360,768	1,298,183	721,994	16,380,944	11,738,486	1,133,607	627,166	13,499,260	2,622,282	164,576	94,827	2,881,684
Mecalapa - Metlatoyuca	1	34,622,640	7,965,665	2,523,053	45,111,359	28,301,165	6,828,013	2,190,832	37,320,009	6,321,475	1,137,653	332,222	7,791,350

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 1**

CTR por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR
10,657,791	1,719,447	710,187	13,087,425	8,711,450	1,473,812	616,650	10,801,911	1,946,342	245,635	93,537	2,285,514
10,986,188	1,921,559	760,963	13,668,709	8,980,565	1,647,103	660,692	11,288,360	2,005,622	274,456	100,270	2,380,349
11,319,881	1,921,559	760,963	14,002,402	9,253,569	1,647,103	660,692	11,561,364	2,066,312	274,456	100,270	2,441,038
11,658,721	1,921,559	813,382	14,393,662	9,529,879	1,647,103	706,225	11,883,207	2,128,842	274,456	107,157	2,510,455
12,002,498	1,921,559	813,382	14,737,439	9,810,941	1,647,103	706,225	12,164,269	2,191,557	274,456	107,157	2,573,170
12,379,331	2,135,190	867,543	15,382,064	10,119,630	1,830,040	753,331	12,703,001	2,259,701	305,150	114,212	2,679,063
12,733,043	2,135,190	867,543	15,735,776	10,408,646	1,830,040	753,331	12,992,018	2,324,396	305,150	114,212	2,743,758
13,120,940	2,135,190	867,543	16,123,674	10,726,253	1,830,040	753,331	13,309,625	2,394,687	305,150	114,212	2,814,049
13,514,400	2,359,754	923,486	16,797,640	11,049,382	2,022,575	801,866	13,873,823	2,465,018	337,179	121,620	2,923,817
13,945,022	2,359,754	923,486	17,228,261	11,401,573	2,022,575	801,866	14,226,014	2,543,448	337,179	121,620	3,002,247
14,353,000	2,359,754	981,292	17,694,046	11,733,759	2,022,575	852,021	14,608,355	2,619,242	337,179	129,271	3,085,691
14,765,846	2,359,754	981,292	18,106,891	12,070,862	2,022,575	852,021	14,945,458	2,694,984	337,179	129,271	3,161,434
15,218,032	2,595,820	1,040,818	18,854,670	12,438,427	2,224,989	903,676	15,567,092	2,779,605	370,831	137,142	3,287,578
15,708,486	2,595,820	1,040,818	19,345,124	12,838,513	2,224,989	903,676	15,967,178	2,869,972	370,831	137,142	3,377,946
16,173,439	2,595,820	1,102,182	19,871,441	13,218,612	2,224,989	956,902	16,400,502	2,954,827	370,831	145,281	3,470,939
16,643,660	2,843,207	1,102,182	20,589,050	13,604,292	2,436,941	956,902	16,998,135	3,039,368	406,266	145,281	3,590,914
17,123,077	2,843,207	1,165,242	21,131,527	13,995,310	2,436,941	1,011,569	17,443,820	3,127,767	406,266	153,674	3,687,707
17,643,172	2,843,207	1,229,822	21,716,202	14,421,211	2,436,941	1,067,781	17,925,933	3,221,961	406,266	162,041	3,790,269
18,169,385	3,101,935	1,229,822	22,501,143	14,853,631	2,658,161	1,067,781	18,579,573	3,315,755	443,774	162,041	3,921,570
18,706,189	3,101,935	1,296,463	23,104,588	15,292,289	2,658,161	1,125,411	19,075,861	3,413,900	443,774	171,052	4,028,726

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.

(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 2**

CTR por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR
14,360,768	1,298,183	721,994	16,380,944	11,738,486	1,133,607	627,166	13,499,260	2,622,282	164,576	94,827	2,881,684
14,805,153	1,298,069	760,948	16,864,170	12,100,823	1,133,594	661,058	13,895,475	2,704,331	164,475	99,890	2,968,695
15,256,541	1,450,678	800,926	17,508,144	12,469,315	1,266,838	695,909	14,432,061	2,787,226	183,840	105,018	3,076,083
15,714,666	1,450,678	800,926	17,966,270	12,841,969	1,266,838	695,909	14,804,715	2,872,698	183,840	105,018	3,161,555
16,179,208	1,450,678	841,969	18,471,855	13,220,810	1,266,838	731,664	15,219,313	2,958,398	183,840	110,305	3,252,542
16,672,736	1,611,825	841,969	19,126,530	13,622,691	1,407,672	731,664	15,762,027	3,050,045	204,153	110,305	3,364,502
17,173,271	1,611,825	884,004	19,669,101	14,031,377	1,407,672	768,256	16,207,305	3,141,894	204,153	115,749	3,461,796
17,680,415	1,611,825	927,182	20,219,422	14,446,697	1,407,672	805,778	16,660,146	3,233,718	204,153	121,404	3,559,276
18,218,806	1,611,825	927,182	20,757,813	14,886,976	1,407,672	805,778	17,100,425	3,331,830	204,153	121,404	3,657,387
18,764,377	1,781,340	971,449	21,517,167	15,334,532	1,555,864	844,170	17,734,566	3,429,845	225,476	127,280	3,782,601
19,343,315	1,781,340	971,449	22,096,105	15,808,796	1,555,864	844,170	18,208,830	3,534,519	225,476	127,280	3,887,275
19,930,040	1,781,340	1,016,742	22,728,123	16,287,668	1,555,864	883,360	18,726,892	3,642,372	225,476	133,382	4,001,231
20,524,004	1,959,262	1,062,983	23,546,249	16,773,971	1,711,288	923,484	19,408,743	3,750,033	247,973	139,499	4,137,505
21,130,101	1,959,262	1,062,983	24,152,346	17,267,416	1,711,288	923,484	19,902,189	3,862,685	247,973	139,499	4,250,158
21,767,111	1,959,262	1,110,081	24,836,453	17,789,794	1,711,288	964,488	20,465,570	3,977,317	247,973	145,593	4,370,883
22,417,244	2,145,962	1,158,263	25,721,468	18,319,944	1,874,466	1,006,307	21,200,717	4,097,300	271,496	151,955	4,520,751
23,100,203	2,145,962	1,207,471	26,453,636	18,881,011	1,874,466	1,049,134	21,804,611	4,219,192	271,496	158,337	4,649,024
23,797,345	2,145,962	1,207,471	27,150,778	19,450,528	1,874,466	1,049,134	22,374,128	4,346,817	271,496	158,337	4,776,649
24,474,382	2,340,936	1,257,640	28,072,958	20,003,101	2,044,915	1,092,933	23,140,949	4,471,281	296,021	164,706	4,932,009
25,220,038	2,340,936	1,309,089	28,870,063	20,608,474	2,044,915	1,137,661	23,791,050	4,611,564	296,021	171,428	5,079,013

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos de Tiempo de Recorrido (CTR) a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 3**

CTR por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR	A	B	C	Total CTR
34,622,640	7,965,665	2,523,053	45,111,359	28,301,165	6,828,013	2,190,832	37,320,009	6,321,475	1,137,653	332,222	7,791,350
35,650,632	8,515,103	2,522,788	46,688,522	29,144,486	7,298,436	2,190,939	38,633,861	6,506,145	1,216,667	331,849	8,054,661
36,692,058	8,515,103	2,659,317	47,866,478	29,998,505	7,298,436	2,309,302	39,606,243	6,693,553	1,216,667	350,015	8,260,235
37,830,575	9,083,468	2,659,317	49,573,359	30,934,015	7,785,090	2,309,302	41,028,407	6,896,559	1,298,377	350,015	8,544,952
38,986,580	9,083,468	2,799,514	50,869,561	31,880,973	7,785,090	2,430,774	42,096,837	7,105,607	1,298,377	368,740	8,772,724
40,079,642	9,669,899	2,799,514	52,549,055	32,772,512	8,287,944	2,430,774	43,491,230	7,307,129	1,381,955	368,740	9,057,824
41,357,440	9,669,899	2,943,095	53,970,434	33,817,746	8,287,944	2,555,601	44,661,291	7,539,694	1,381,955	387,494	9,309,143
42,571,253	10,274,837	3,090,438	55,936,529	34,806,217	8,805,523	2,683,588	46,295,328	7,765,036	1,469,314	406,850	9,641,201
43,799,649	10,274,837	3,090,438	57,164,924	35,809,406	8,805,523	2,683,588	47,298,516	7,990,243	1,469,314	406,850	9,866,408
45,130,693	10,896,498	3,241,299	59,268,491	36,900,501	9,339,856	2,814,495	49,054,851	8,230,192	1,556,643	426,805	10,213,640
46,490,511	10,896,498	3,241,299	60,628,308	38,009,389	9,339,856	2,814,495	50,163,739	8,481,122	1,556,643	426,805	10,464,569
47,867,320	11,538,427	3,395,383	62,801,131	39,135,501	9,889,728	2,948,660	51,973,890	8,731,819	1,648,699	446,723	10,827,241
49,357,381	11,538,427	3,553,229	64,449,037	40,350,484	9,889,728	3,085,881	53,326,094	9,006,897	1,648,699	467,348	11,122,943
50,867,454	12,196,331	3,553,229	66,617,014	41,585,466	10,455,910	3,085,881	55,127,258	9,281,988	1,740,420	467,348	11,489,756
52,306,096	12,196,331	3,714,616	68,217,042	42,763,159	10,455,910	3,225,916	56,444,985	9,542,937	1,740,420	488,700	11,772,057
53,956,032	12,874,707	3,879,280	70,710,019	44,112,623	11,037,122	3,369,241	58,518,985	9,843,410	1,837,585	510,039	12,191,034
55,532,410	12,874,707	3,879,280	72,286,396	45,403,160	11,037,122	3,369,241	59,809,523	10,129,249	1,837,585	510,039	12,476,873
57,237,031	13,568,852	4,047,989	74,853,872	46,794,009	11,634,482	3,515,679	61,944,170	10,443,022	1,934,370	532,310	12,909,702
58,961,095	13,568,852	4,220,595	76,750,542	48,205,406	11,634,482	3,665,018	63,504,906	10,755,688	1,934,370	555,577	13,245,636
60,719,748	14,284,485	4,396,916	79,401,149	49,636,319	12,246,751	3,817,929	65,700,999	11,083,429	2,037,735	578,987	13,700,150

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



## Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) se definen como el costo en el que incurren los usuarios de la carretera. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), u el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo: combustible, neumáticos, lubricantes, entre otros)

Los CGV se estimaron para los tres tipos de vehículos representados en la demanda a lo largo del horizonte de evaluación, como se muestra a continuación:

TABLA. Costos Generalizados de Viaje, situación con proyecto.

	AÑO	Sit. Optimizada				Sit. Con PPI				Ahorros			
		A	B	C	TOTAL	A	B	C	Total	A	B	C	TOTAL
Villa Lázaro Cárdenas – Autopista Tuxpan – México	1	37,692,303	3,767,077	4,026,185	45,485,565	32,508,107	3,398,488	3,671,306	39,577,900	5,184,196	368,589	354,880	5,907,665
Autopista Tuxpan – México – Mecapalapa	1	46,631,169	2,750,995	3,806,233	53,188,396	42,236,231	2,543,645	3,584,356	48,364,232	4,394,938	207,350	221,877	4,824,164
Mecapalapa - Metlatoyuca	1	115,481,658	17,444,076	14,366,833	147,292,567	102,004,087	15,879,991	13,319,492	131,203,570	13,477,571	1,564,084	1,047,341	16,088,997

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 1

CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37,692,303	3,767,077	4,026,185	45,485,565	32,508,107	3,398,488	3,671,306	39,577,900	5,184,196	368,589	354,880	5,907,665
38,849,457	4,122,158	4,246,906	47,218,521	33,506,722	3,715,563	3,871,899	41,094,184	5,342,735	406,595	375,007	6,124,337
40,030,687	4,155,167	4,299,195	48,485,050	34,525,755	3,746,590	3,920,067	42,192,412	5,504,932	408,577	379,128	6,292,637
41,236,221	4,188,671	4,528,527	49,953,419	35,564,958	3,778,082	4,128,569	43,471,609	5,671,264	410,589	399,958	6,481,810
42,466,233	4,222,678	4,584,254	51,273,165	36,626,113	3,810,047	4,179,904	44,616,064	5,840,121	412,631	404,350	6,657,101
43,786,668	4,600,584	4,822,559	53,209,810	37,765,390	4,147,395	4,396,642	46,309,426	6,021,278	453,189	425,917	6,900,384
45,067,438	4,637,565	4,881,884	54,586,887	38,870,434	4,182,155	4,451,291	47,503,881	6,197,004	455,410	430,593	7,083,007



CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
46,441,706	4,675,100	4,942,099	56,058,906	40,056,276	4,217,437	4,506,761	48,780,474	6,385,430	457,664	435,339	7,278,432
47,843,852	5,073,447	5,192,569	58,109,868	41,267,283	4,573,319	4,734,491	50,575,093	6,576,569	500,128	458,078	7,534,775
49,345,654	5,114,152	5,256,606	59,716,412	42,562,363	4,611,580	4,793,481	51,967,424	6,783,292	502,572	463,125	7,748,989
50,808,898	5,155,468	5,516,849	61,481,215	43,823,426	4,650,416	5,030,119	53,503,961	6,985,471	505,053	486,730	7,977,254
52,300,701	5,197,404	5,584,883	63,082,987	45,110,263	4,689,833	5,092,790	54,892,886	7,190,438	507,571	492,092	8,190,101
53,897,556	5,620,046	5,855,058	65,372,660	46,485,404	5,067,619	5,338,493	56,891,516	7,412,152	552,427	516,565	8,481,145
55,600,744	5,665,410	5,927,272	67,193,425	47,952,978	5,110,259	5,405,015	58,468,252	7,647,766	555,151	522,257	8,725,174
57,263,308	5,711,453	6,207,808	69,182,569	49,387,253	5,153,538	5,660,139	60,200,929	7,876,055	557,916	547,669	8,981,640
58,958,093	6,156,164	6,284,392	71,398,650	50,850,834	5,550,965	5,730,688	62,132,487	8,107,259	605,199	553,705	9,266,163
60,689,566	6,205,859	6,575,469	73,470,894	52,343,952	5,597,675	5,995,401	63,937,028	8,345,614	608,183	580,068	9,533,866
62,534,514	6,256,298	6,873,741	75,664,554	53,936,032	5,645,086	6,266,887	65,848,005	8,598,483	611,212	606,854	9,816,548
64,415,524	6,723,690	6,958,400	78,097,613	55,560,987	6,062,441	6,344,874	67,968,302	8,854,536	661,249	613,526	10,129,312
66,337,667	6,778,016	7,268,118	80,383,802	57,219,067	6,113,505	6,626,424	69,958,996	9,118,600	664,511	641,694	10,424,806

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)

**Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 2**

CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46,631,169	2,750,995	3,806,233	53,188,396	42,236,231	2,543,645	3,584,356	48,364,232	4,394,938	207,350	221,877	4,824,164
48,065,006	2,772,673	3,976,059	54,813,738	43,533,667	2,564,783	3,743,729	49,842,179	4,531,339	207,890	232,330	4,971,560
49,528,268	3,035,443	4,150,142	56,713,853	44,858,450	2,804,945	3,907,159	51,570,553	4,669,818	230,499	242,983	5,143,299





**CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto**

SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
51,021,141	3,059,215	4,200,380	58,280,735	46,209,011	2,828,016	3,955,328	52,992,355	4,812,129	231,199	245,052	5,288,380
52,543,761	3,083,343	4,380,887	60,007,991	47,587,810	2,851,434	4,124,803	54,564,047	4,955,951	231,909	256,084	5,443,944
54,144,709	3,361,045	4,433,971	61,939,724	49,036,278	3,105,390	4,175,700	56,317,369	5,108,430	255,654	258,271	5,622,355
55,777,705	3,387,283	4,621,033	63,786,021	50,515,218	3,130,856	4,351,345	57,997,418	5,262,487	256,427	269,689	5,788,603
57,442,852	3,413,915	4,812,781	65,669,547	52,024,930	3,156,704	4,531,316	59,712,950	5,417,922	257,211	281,465	5,956,597
59,192,010	3,440,946	4,871,065	67,504,021	53,609,468	3,182,939	4,587,199	61,379,606	5,582,543	258,007	283,865	6,124,415
60,975,726	3,735,612	5,069,801	69,781,139	55,227,155	3,452,597	4,773,697	63,453,450	5,748,571	283,014	296,104	6,327,689
62,848,250	3,764,926	5,131,276	71,744,452	56,923,947	3,481,048	4,832,640	65,237,635	5,924,303	283,878	298,636	6,506,817
64,757,872	3,794,680	5,337,158	73,889,710	58,653,047	3,509,926	5,025,804	67,188,777	6,104,825	284,754	311,354	6,700,933
66,704,631	4,104,978	5,547,869	76,357,478	60,417,834	3,793,830	5,223,623	69,435,288	6,286,797	311,148	324,246	6,922,191
68,694,021	4,137,164	5,615,142	78,446,327	62,218,586	3,825,068	5,288,125	71,331,780	6,475,435	312,096	327,017	7,114,548
70,774,637	4,169,832	5,833,199	80,777,668	64,105,272	3,856,775	5,493,046	73,455,092	6,669,365	313,058	340,154	7,322,577
72,900,983	4,496,535	6,056,444	83,453,962	66,030,544	4,155,833	5,702,717	75,889,094	6,870,440	340,702	353,727	7,564,869
75,123,504	4,531,794	6,284,905	85,940,202	68,046,603	4,190,053	5,917,413	78,154,069	7,076,901	341,740	367,492	7,786,134
77,395,035	4,567,581	6,361,067	88,323,683	70,104,025	4,224,787	5,990,437	80,319,249	7,291,010	342,794	370,630	8,004,433
79,650,990	4,910,605	6,597,516	91,159,111	72,148,784	4,538,926	6,212,843	82,900,554	7,502,206	371,678	384,673	8,258,557
82,073,798	4,949,150	6,839,676	93,862,623	74,339,181	4,576,336	6,440,425	85,355,942	7,734,617	372,813	399,251	8,506,681

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



**Tabla. Costos Generalizados de Viaje a lo largo del horizonte de evaluación, situación con proyecto. TRAMO 3**

CGV por tramo, Sit Optimizada vs Con Proyecto											
SIN PROYECTO				CON PROYECTO				AHORRO			
A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV	A	B	C	Total CGV
-	-	-	-	-	-	-	-				
115,481,658	17,444,076	14,366,833	147,292,567	102,004,087	15,879,991	13,319,492	131,203,570	13,477,571	1,564,084	1,047,341	16,088,997
118,943,284	18,467,433	14,544,224	151,954,942	105,065,664	16,803,013	13,486,530	135,355,207	13,877,620	1,664,420	1,057,695	16,599,735
122,473,161	18,616,718	15,190,852	156,280,732	108,187,903	16,945,582	14,084,191	139,217,676	14,285,258	1,671,136	1,106,661	17,063,055
126,252,782	19,678,379	15,378,825	161,309,986	111,530,777	17,903,339	14,260,815	143,694,931	14,722,005	1,775,040	1,118,011	17,615,055
130,109,825	19,837,302	16,049,560	165,996,687	114,939,728	18,055,113	14,880,791	147,875,632	15,170,096	1,782,190	1,168,769	18,121,055
133,865,394	20,937,143	16,248,310	171,050,847	118,258,141	19,048,277	15,067,541	152,373,959	15,607,253	1,888,866	1,180,769	18,676,888
138,067,394	21,106,152	16,943,637	176,117,182	121,968,781	19,209,682	15,710,800	156,889,263	16,098,612	1,896,469	1,232,837	19,227,919
142,169,355	22,245,377	17,656,252	182,070,984	125,589,797	20,237,511	16,369,928	162,197,235	16,579,558	2,007,866	1,286,324	19,873,749
146,350,783	22,424,935	17,874,739	186,650,457	129,284,672	20,408,991	16,575,223	166,268,885	17,066,111	2,015,944	1,299,517	20,381,572
150,806,823	23,602,555	18,613,366	193,022,745	133,224,198	21,474,270	17,258,407	171,956,874	17,582,625	2,128,285	1,354,960	21,065,870
155,362,312	23,793,146	18,843,947	197,999,405	137,245,937	21,656,286	17,475,065	176,377,289	18,116,375	2,136,860	1,368,882	21,622,117
160,006,886	25,013,528	19,609,135	204,629,549	141,350,614	22,758,587	18,183,436	182,292,638	18,656,272	2,254,941	1,425,699	22,336,911
164,948,861	25,215,654	20,392,907	210,557,423	145,712,014	22,951,620	18,908,791	187,572,425	19,236,847	2,264,034	1,484,116	22,984,997
169,989,176	26,475,356	20,645,502	217,110,034	150,164,808	24,092,525	19,146,135	193,403,468	19,824,368	2,382,831	1,499,368	23,706,567
174,924,001	26,689,541	21,457,561	223,071,103	154,529,269	24,297,074	19,897,554	198,723,897	20,394,732	2,392,467	1,560,007	24,347,206
180,379,537	27,993,943	22,288,571	230,662,051	159,347,533	25,476,147	20,666,991	205,490,672	21,032,004	2,517,796	1,621,579	25,171,380
185,730,691	28,220,732	22,564,710	236,516,133	164,078,777	25,692,732	20,926,458	210,697,967	21,651,915	2,527,999	1,638,253	25,818,167
191,414,050	29,566,046	23,425,999	244,406,095	169,096,241	26,911,966	21,723,658	217,731,865	22,317,809	2,654,080	1,702,341	26,674,231
197,206,919	29,806,004	24,307,758	251,320,681	174,216,350	27,141,129	22,539,331	223,896,810	22,990,569	2,664,876	1,768,427	27,423,871
203,126,251	31,198,898	25,210,146	259,535,295	179,439,718	28,400,187	23,374,470	231,214,376	23,686,533	2,798,710	1,835,676	28,320,919

FUENTE. Comparación de la situación optimizada y situación con proyecto respecto a un escenario donde se aplican medidas de optimización a la situación actual, por lo que ambas situaciones se presentan en función del año 1 (cifras año 1) con el fin de que la información sea comparable.  
(Cifras en pesos, redondeados sin decimales)



### C. Cálculo de los indicadores de rentabilidad.

Para el análisis de los indicadores la sensibilidad se consideró los siguientes supuestos:

- La unidad del horizonte de evaluación es con una periodicidad anual.
- La inversión se realiza en el año cero del horizonte de evaluación.
- Los costos por molestias se registran solo en el periodo de inversión, es decir en el año cero.
- Los beneficios se generan a partir del primer año de la puesta en marcha del PPI, es decir del año 1. No puede existir beneficios durante el periodo de inversión, considerando que no se ha modificación la problemática que origina el PPI.
- Los beneficios que se consideran en el análisis de los indicadores reflejan la diferencia entre la situación sin proyecto respecto a la situación con proyecto, en el mismo año, a lo largo del horizonte de evaluación.

Los indicadores de evaluación utilizados para demostrar la rentabilidad del proyecto son Valor presente neto (VNA), Tasa interna de retorno (TIR), y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI),

#### **Valor Presente Neto**

El valor presente neto (VPN) es un criterio de rentabilidad que permite comparar los beneficios y costos del proyecto durante su vida útil. Para realizar su estimación se requiere traer a valor presente el flujo de beneficios y costos atribuibles al proyecto. Un valor presente neto positivo indica que el flujo de beneficios es mayor a los costos, por lo que es conveniente la ejecución del proyecto.

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios.

La fórmula del VPN es

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

*Dónde:*

*B<sub>t</sub>: son los beneficios totales en el año t*

*C<sub>t</sub>: son los costos totales en el año t*

*B<sub>t</sub>-C<sub>t</sub>: flujo neto en el año t*



*n*: número de años del horizonte de evaluación

*r*: es la tasa social de descuento

*t*: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

b) Tasa Interna de Retorno (TIR)

Fuente: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos\\_costo\\_beneficio.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf)

INDICADORES	VALOR TRAMO 1	VALOR TRAMO 2	VALOR TRAMO 3
Valor Presente Neto (VPN)	<b>19.61 mdp</b>	<b>18.33 mdp</b>	<b>53.46 mdp</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

### Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de descuento que hace que el valor presente neto sea igual a cero. En caso de que la TIR sea mayor a la tasa social de descuento, significa que el proyecto es socialmente rentable.

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un programa o proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Donde:

B<sub>t</sub>: son los beneficios totales en el año t

C<sub>t</sub>: son los costos totales en el año t

B<sub>t</sub>-C<sub>t</sub>: flujo neto en el año t

*n*: número de años del horizonte de evaluación

TIR: Tasa Interna de Retorno

*t*: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

Fuente: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos\\_costo\\_beneficio.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf)

INDICADORES	VALOR TRAMO 1	VALOR TRAMO 2	VALOR TRAMO 3
Tasa Interna de Retorno (TIR)	<b>19.59%</b>	<b>21.27%</b>	<b>19.76%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura



### Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

El criterio de decisión utilizado es la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), la cual señala que la entrada en operación del proyecto es cuando el beneficio neto del primer año de operación del proyecto es igual o mayor que la anualidad de la inversión o costo de oportunidad de los recursos para el periodo.

Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución. La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula

$$TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Dónde:

B<sub>t+1</sub>: es el beneficio total en el año t+1

C<sub>t+1</sub>: es el costo total en el año t+1

I<sub>t</sub>: monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t: año anterior al primer año de operación

t+1: primer año de operación

Fuente: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos\\_costo\\_beneficio.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf)

A continuación, se muestra los indicadores que resultaron de la memoria de cálculo.

TABLA. Indicadores de rentabilidad.

INDICADORES	VALOR TRAMO 1	VALOR TRAMO 2	VALOR TRAMO 3
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	<b>20.31%</b>	<b>21.59%</b>	<b>20.61%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura



## D. Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes del proyecto —inversión, costos de conservación y beneficios, se efectuó el análisis de sensibilidad correspondiente. Lo anterior a fin de obtener los puntos de inflexión ante los cuales el proyecto deja de ser rentable (VPN = 0). El análisis de sensibilidad arrojó los siguientes resultados:

### Tramo 1

#### SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN

Variación	Inv	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.40	27.21	14.60%	11.84	15.55%	
1.30	25.27	15.63%	13.78	16.51%	
1.20	23.33	16.79%	15.72	17.61%	
1.10	21.38	18.10%	17.67	18.87%	
1.00	19.44	19.59%	19.61	20.31%	
<b>2.009</b>	<b>39.05</b>	<b>10.00%</b>	<b>0.00</b>	<b>11.45%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>2.345</b>	<b>45.58</b>	<b>8.23%</b>	<b>-6.53</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

#### SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO (a valor presente)

Variación	MANTENIMIENTOS	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.40	26.27	16.62%	12.79	19.12%	
1.30	24.39	17.39%	14.49	19.42%	
1.20	22.51	18.14%	16.20	19.71%	
1.10	20.64	18.87%	17.90	20.01%	
1.00	18.76	19.59%	19.61	20.31%	
<b>2.150</b>	<b>40.34</b>	<b>10.00%</b>	<b>0.00</b>	<b>16.87%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>4.445</b>	<b>83.40</b>	<b>#¡NUM!</b>	<b>-39.15</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura

#### SENSIBILIDAD EN BENEFICIOS

Variación	VAN (Beneficios)	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.00	62.01	19.59%	19.61	20.31%	
0.95	58.91	18.18%	16.51	19.15%	
0.90	55.81	16.74%	13.41	17.98%	
0.80	49.61	13.76%	7.21	15.65%	
0.70	43.41	10.55%	1.01	13.32%	
<b>0.684</b>	<b>42.42</b>	<b>10.01%</b>	<b>0.01</b>	<b>12.95%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>0.558</b>	<b>34.60</b>	<b>5.34%</b>	<b>-7.80</b>	<b>10.01%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaría de Infraestructura



Tramo 2

**SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN**

Variación	Inv	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.40	20.92	16.05%	12.35	16.58%	
1.30	19.43	17.13%	13.85	17.60%	
1.20	17.94	18.35%	15.34	18.75%	
1.10	16.44	19.71%	16.84	20.07%	
1.00	14.95	21.27%	18.33	21.59%	
<b>2.225</b>	<b>33.26</b>	<b>10.01%</b>	<b>0.02</b>	<b>11.21%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>2.533</b>	<b>37.86</b>	<b>8.52%</b>	<b>-4.58</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

**SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO (a valor presente)**

Variación	MANTENIMIENTOS	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.40	19.24	18.61%	13.33	20.46%	
1.30	17.87	19.30%	14.58	20.74%	
1.20	16.49	19.97%	15.83	21.03%	
1.10	15.12	20.62%	17.08	21.31%	
1.00	13.75	21.27%	18.33	21.59%	
<b>2.467</b>	<b>33.91</b>	<b>10.00%</b>	<b>0.00</b>	<b>17.46%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>5.120</b>	<b>70.38</b>	<b>#¡NUM!</b>	<b>-33.15</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

**SENSIBILIDAD EN BENEFICIOS**

Variación	VAN (Beneficios)	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.00	50.60	21.27%	18.33	21.59%	
0.90	45.54	18.38%	13.27	19.15%	
0.80	40.48	15.36%	8.21	16.71%	
0.70	35.42	12.14%	3.15	14.27%	
<b>0.638</b>	<b>32.28</b>	<b>10.01%</b>	<b>0.02</b>	<b>12.76%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>0.525</b>	<b>26.56</b>	<b>5.68%</b>	<b>-5.70</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura



Tramo 3

**SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN**

Variación	Inv	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.40	72.55	14.75%	32.73	15.79%	
1.30	67.37	15.79%	37.91	16.77%	
1.20	62.19	16.96%	43.10	17.88%	
1.10	57.00	18.27%	48.28	19.15%	
1.00	51.82	19.76%	53.46	20.61%	
<b>2.031</b>	<b>105.25</b>	<b>10.00%</b>	<b>0.03</b>	<b>11.53%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>2.390</b>	<b>123.85</b>	<b>8.15%</b>	<b>-18.57</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

**SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO (a valor presente)**

Variación	MANTENIMIENTOS	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.40	72.42	16.71%	34.65	19.38%	
1.30	67.25	17.50%	39.35	19.69%	
1.20	62.07	18.27%	44.05	19.99%	
1.10	56.90	19.03%	48.76	20.30%	
1.00	51.73	19.76%	53.46	20.61%	
<b>2.137</b>	<b>110.54</b>	<b>10.00%</b>	<b>-0.01</b>	<b>17.11%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>4.442</b>	<b>229.78</b>	<b>#¡NUM!</b>	<b>-108.40</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura

**SENSIBILIDAD EN BENEFICIOS**

Variación	VAN (Beneficios)	TIR	VPN (mdp)	TRI	
1.00	168.40	19.76%	53.46	20.61%	
0.90	151.56	16.88%	36.62	18.24%	
0.80	134.72	13.85%	19.78	15.87%	
0.70	117.88	10.60%	2.94	13.50%	
0.69	116.19	10.26%	1.26	13.27%	
<b>0.683</b>	<b>114.93</b>	<b>10.00%</b>	<b>-0.01</b>	<b>13.09%</b>	<b>VPN=0, TIR=10%</b>
<b>0.552</b>	<b>92.95</b>	<b>5.06%</b>	<b>-21.98</b>	<b>10.00%</b>	<b>TRI=10%</b>

FUENTE: Memoria de Cálculo, Secretaria de Infraestructura





## E. Análisis de riesgos

Los principales riesgos identificados del RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO – CÁRDENAS – METLALTOYUCA - DOS ARROYOS, DEL KILÓMETRO 0+000 AL 49+700 CON UNA LONGITUD DE 49.700 KM EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, EL SOL, MECAPALAPA, LOS NARANJOS, SALSIPUEDES Y CERCO DE PIEDRA; EN LOS MUNICIPIOS DE VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA, EN EL ESTADO DE PUEBLA, son:

### Etapa de ejecución

**Financiero**, Que no exista disponibilidad para la aplicación de los recursos, viéndose interrumpida la suficiencia presupuestal para ejercer los montos programados del Proyecto.

**Administrativo**, que no se realicen oportunamente o en forma, los trámites y gestiones necesarios para cumplir con las disposiciones que marca la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en lo referente a las obras de infraestructura económica y actividades relacionadas con las mismas.

**Económico**, Posibles incrementos en los costos de inversión fuera de parámetros normales en costos de construcción (aspectos macroeconómicos con afectaciones directas al sector de la construcción).

**Técnico**, Posibles demoras en el suministro de materiales y demás equipamiento. Asimismo, posibles costos innecesarios por retrasos de obra (disponibilidad de los insumos), lo que podría ocasionar modificaciones estructurales al proyecto o poner en riesgo su ejecución programada.

La mayoría de los riesgos identificados en la etapa de ejecución, tendrían como consecuencia un incremento en los costos, se considera que los riesgos identificados no son lo suficientemente importantes como para poner en riesgo la rentabilidad del proyecto.

TABLA. Análisis de los riesgos del proyecto

Descripción	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Mitigación
Riesgo de obtención de la liberación del derecho de vía.	Bajo	Nula, ya se cuenta con la liberación del derecho de vía	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pago de indemnizaciones</li><li>• Construcción de infraestructura básica.</li></ul>
Riesgo en cambios en el diseño del proyecto durante el proceso de construcción.	Alto	Baja	<ul style="list-style-type: none"><li>• En un proyecto de reconstrucción.</li><li>• Validación técnica.</li><li>• Validación del contratista</li></ul>
Riesgos de sobre costo en la construcción.	Alto	Medio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluar e integrar los costos por obra adicional (reservas, cambio de uso de suelo, bancos de materiales, programas de protección de flor y fauna)</li></ul>
Riesgos de atrasos en la construcción.	Medio	Media	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollar programas de obra con frentes y partidas alternas.</li></ul>
Riesgos legales (contractuales, normativa aplicable, cambios en la legislación).	Bajo	Baja	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales.</li></ul>
Riesgos por incrementos en costos de operación y mantenimiento.	Medio	Baja	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñar esquemas para obtención de fondos adicionales.</li></ul>
Riesgo de conflicto social.	Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalar u operar una red de gestión y promoción social que trabajará en contacto directo con la población.</li><li>• Gestión y promoción permanente de la demanda social.</li></ul>



Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puntarenas

FUENTE: *Elaboración propia*



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta obra mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios, al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona. Evitará la saturación de la vialidad provocada por el tránsito pesado. Aumentará las velocidades de operación y reducirá con ello los tiempos de recorrido y costos de operación vehicular.

De acuerdo con los indicadores de rentabilidad obtenidos el proyecto presenta un Valor Presente Neto (VPN) Positivo y una tasa interna de rendimiento (TIR) superior al 10.0%. Es momento óptimo para su construcción, pues se dio como resultado una Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI) de superior a 10% que es mayor a la tasa social de descuento; por tales motivos, se recomienda la ejecución de proyecto en los tiempos y alcances previstos.

Con la RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CARRETERA LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCADOS ARROYOS, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- Aumentarán las velocidades de operación,
- Reducirá los tiempos de recorrido,
- Reducirá los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos,
- Mejorará los niveles de servicio,
- Disminuirá los niveles de contaminación por emisión de gases y ruido.

Aunado a lo anterior

- Se harán más eficientes los servicios de transporte comercial e industrial.
- Como resultado de lo anterior se prevé un mayor intercambio comercial con el resto de la entidad, ya que se permitirá que la población pueda reducir sus costos de operación y ahorro en tiempos de traslado y con ello obtener mayores utilidades en la venta de sus productos.

Con la puesta en marcha del proyecto se facilitará el acceso de la población beneficiada incrementando su nivel de vida; así mismo, se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular. Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios, ya que se permitirá que la población pueda reducir sus costos de operación y ahorro en tiempos de traslado.



## VII. ANEXOS

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	ACB LÁZARO CÁRDENAS - METLALTOYUCA V4
Anexo B	Estudios Técnicos	N / A
Anexo C	Estudios Legales	N / A
Anexo D	Estudios Ambientales	N / A
Anexo E	Estudios de Mercado	N / A
Anexo F	Estudios Específicos	N / A
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	ACB LÁZARO CÁRDENAS - METLALTOYUCA V5
Anexo H	Análisis de Sensibilidad	ACB LÁZARO CÁRDENAS - METLALTOYUCA V5



Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

### Transito Diario Promedio Anual (TDPA)

### LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS

Con la finalidad de contar con elementos estadísticos que definan las principales características físicas y operacionales del tránsito que utiliza la carretera LÁZARO CÁRDENAS–METLALTOYUCA-DOS ARROYOS cuenta con una longitud total de 49.70 kilómetros, se realizaron aforos vehiculares en puntos localizados en intersecciones, salidas o incorporaciones viales de suma importancia la cual el flujo es vehicular es variable, con la finalidad de conocer las condiciones de operación actuales y futuros a lo largo de la zona en estudio, durante 7 días por cada tramo, los resultados electrónicos obtenidos de los contadores de tránsito: tuvo una duración de 24 horas seguidas para los días del lunes 23 al 29 de noviembre para el primer tramo, del lunes 30 de noviembre al 6 de diciembre para el segundo tramo y del lunes 7 al 13 de diciembre de 2020 para el tercer tramo, para captar el volumen total diario que registra el tramo en estudio.

La Vialidades de Jurisdicción Estatal (Red Carretera Estatal), con número 101; comunicando a la población de los municipios de VENUSTIANO CARRANZA, PANTEPEC, FRANCISCO Z. MENA; así como otros municipios y localidades de la zona.

A continuación se muestra el resumen de los volúmenes de tránsito de. La dependencia considero realizar el aforo vehicular en esas fechas antes del inicio la ejecución de la obra.





Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

ESTACION: Estación Villa Lázaro Cárdenas  
 UBICACIÓN: Carretera Estatal 101  
 Villa Lázaro Cárdenas - Autopista Tuxpan - México  
 SENTIDO: 2 (ambos)

**RESUMEN SEMANAL**

FECHA	AUTOS	BUSES	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	TOTAL
Jueves 23 de noviembre de 2020	649	14	14	7	0	0	0	0	0	0	684
viernes 24 de noviembre de 2020	705	14	14	7	0	0	0	0	0	0	747
sábado 25 de noviembre de 2020	761	14	14	7	0	0	0	0	0	0	803
domingo 26 de noviembre de 2020	805	14	21	7	0	0	0	0	0	0	854
lunes 27 de noviembre de 2020	1071	28	28	0	0	0	0	0	0	0	1134
martes 28 de noviembre de 2020	961	22	21	7	0	0	0	0	0	0	911
miércoles 29 de noviembre de 2020	552	14	14	7	0	0	0	0	0	0	587
<b>TOTAL</b>	<b>8,394</b>	<b>120</b>	<b>128</b>	<b>49</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5,700</b>

<b>SEMANAS AL AÑO (52)</b>	<b>378,960</b>	<b>6,340</b>	<b>6,955</b>	<b>3,548</b>	<b>1,932</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>238,400</b>
----------------------------	----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------

Transito Diario Promedio Anual	REF	07	18	7	3	0	0	0	0	0	812
(%)	94.68%	2.11%	2.21%	0.86%	0.37%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%



Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

ESTACION: Estación Autopista Tuxtla - Méxco - Mecapalapa  
 UBICACIÓN : Carretera Estatal 101  
 SENTIDO: Autopista Tuxtla - Méxco - Mecapalapa  
 2 (ambos)

**RESUMEN SEMANAL**

FECHA	AUTOS	BUSES	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	TOTAL
Lunes 30 de noviembre de 2020	943	14	14	14	0	0	0	0	0	0	985
Martes 1 de diciembre de 2020	1037	14	21	7	0	0	0	0	0	0	1079
Miércoles 2 de diciembre de 2020	1223	14	21	7	0	0	0	0	0	0	1265
Jueves 3 de diciembre de 2020	1601	21	21	21	0	0	0	0	0	0	1664
Viernes 4 de diciembre de 2020	1693	21	28	14	7	0	0	0	0	0	1763
Sábado 5 de diciembre de 2020	1877	21	35	7	14	0	0	0	0	0	1954
Domingo 6 de diciembre de 2020	1038	14	14	0	0	0	0	0	0	0	1066
<b>TOTAL</b>	<b>9,412</b>	<b>119</b>	<b>154</b>	<b>84</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,790</b>

SEMANAS AL AÑO (52)	485,424	6,186	8,008	4,368	1,082	0	0	0	0	0	509,080
---------------------	---------	-------	-------	-------	-------	---	---	---	---	---	---------

Tráfico Diario Promedio Anual	17	22	12	12	2	0	0	0	0	0	1,395
(%)	98.14%	1.22%	1.57%	0.86%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%



Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

ESTACION: Estación Mecapalapa - Metlaloyuca  
UBICACIÓN: Carretera Estatal 101  
Mecapalapa - Metlaloyuca  
SENTIDO: 2 (ambos)

**RESUMEN SEMANAL**

FECHA	AUTOS	BUSES	C7	C1	C4	C5	C6	C7	C8	C9	TOTAL
lunes 7 de diciembre de 2020	530	21	14	7	0	0	0	0	0	0	581
martes 8 de diciembre de 2020	854	28	14	7	7	0	0	0	0	0	910
miércoles 9 de diciembre de 2020	959	35	20	14	0	0	0	0	0	0	1036
jueves 10 de diciembre de 2020	1122	35	20	7	7	0	0	0	0	0	1299
viernes 11 de diciembre de 2020	500	20	20	14	0	0	0	0	0	0	979
sábado 12 de diciembre de 2020	1050	35	35	14	0	0	0	0	0	0	1174
domingo 13 de diciembre de 2020	571	21	21	7	0	0	0	0	0	0	719
<b>TOTAL</b>	<b>6,842</b>	<b>283</b>	<b>189</b>	<b>70</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,498</b>

<b>SEMANAS AL AÑO (52)</b>	314,884	10,55%	0,780	3,640	7,28	0	0	0	0	0	<b>337,896</b>
----------------------------	---------	--------	-------	-------	------	---	---	---	---	---	----------------

<b>Transito Diario Promedio Anua</b>	861	29	24	10	2	0	0	0	0	0	<b>926</b>
<b>(%)</b>	92,90%	3,12%	2,60%	1,10%	0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	<b>100,00%</b>





Hacer historia.  
Hacer futuro.



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla



Secretaría  
de Infraestructura  
Gobierno de Puebla

El presente asignación de Transito Diario Promedio Anual (TDPA) LÁZARO CÁRDENAS-METLALTOYUCA-DOS ARROYOS fue elaborado por la Dirección de Caminos, Carreteras, Puentes y Vialidades Urbanas de la Secretaria de Infraestructura del Estado de Puebla, con el fin de incluir datos vehiculares actualizados para obtener una composición promedio para la evaluación socioeconómica requerida.

**ATENTAMENTE**

**ENRIQUE MERINO PAREDES**  
**JEFE DE DEPARTAMENTO DE PROYECTOS**





## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP.
- Manual para la Evaluación de Proyectos de Carreteras de la SHCP.
- Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras de la SHCP.
- Unpaved Roads Roughness Estimation by Subjective Evaluation, Infrastructure Notes, October 1999, Rodrigo S. Archondo Callao, The World Bank.
- Boletín Notas 153. Año 2014. Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 407.
- Catálogo de localidades: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx>.
- Enciclopedia de los Municipios de México:  
[http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC\\_Enciclopedia](http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia)
- Estimación del CONAPO con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010:  
[http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices\\_de\\_Marginacion\\_2010\\_por\\_entidad\\_federativa\\_y\\_municipio](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio)
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. [www.shcp.gob.mx/](http://www.shcp.gob.mx/)



## IX. Responsables de la Información

**Ramo:** Comunicaciones

**Entidad:** 21 Puebla

**Área Responsable:** Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado de Puebla

**Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:**

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
NORMAN ADRIÁN TORRES ALCARAZ	DIRECTOR DE PLANEACIÓN		30 de Junio de 2021

Versión	Fecha
4a versión	30 de Junio de 2021

\*El administrador del programa y/o proyecto de inversión, deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.