

## Análisis Costo-Beneficio<sup>1</sup>

# ***"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"***



---

<sup>1</sup>Para facilitar la elaboración y presentación del análisis costo-beneficio, costo-beneficio simplificado, la Unidad de Inversiones de la SHCP pone a disposición de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal el presente formato, de conformidad con el numeral 23 de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

## **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

#### **Contenido**

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
Nombre del Proyecto de Inversión .....	3
Localización del PPI .....	3
Problemática Identificada.....	4
Objetivo del Proyecto.....	4
Descripción de los principales Costos .....	6
Descripción de los principales Beneficios.....	7
Indicadores de Rentabilidad .....	7
Riesgos Asociados .....	7
Conclusión del Análisis: .....	8
<b>II. SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>9</b>
A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	9
C) ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL .....	14
E) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	19
G) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA- DEMANDA .....	21
<b>III. SITUACIÓN SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>27</b>
A) OPTIMIZACIONES.....	27
C) ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	29
D) ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	30
E) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA- DEMANDA.....	36
G) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	45
<b>IV. SITUACIÓN CON EL PROYECTO .....</b>	<b>56</b>
A) DESCRIPCIÓN GENERAL .....	56
B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....	63
C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	64
D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	68
E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....	69
I) FINANCIAMIENTO .....	73
J) CAPACIDAD INSTALADA.....	73
K) METAS DEL PROYECTO .....	74
L) VIDA ÚTIL.....	74
M) ASPECTOS MÁS RELEVANTES .....	74
N) ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO .....	75
O) ANÁLISIS DE LA DEMANDA CON PROYECTO .....	77
P) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA- DEMANDA CON PROYECTO.....	83
<b>V. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....</b>	<b>93</b>
A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	93
C) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	104
D) CALCULO DE INDICADORES DE RENTABILIDAD .....	106
E) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	108
F) ANÁLISIS DE RIESGOS .....	110
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>117</b>

# I. Resumen Ejecutivo

## Nombre del Proyecto de Inversión

"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

## Localización del PPI

El proyecto "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" se desarrolla dentro de las localidades pertenecientes a dichos municipios del Estado de México, tales son: la cabecera municipal de Lerma, Colonia Isidro Fabela, Colonia los Cedros, El Cerrillo y San Pedro Totoltepec.

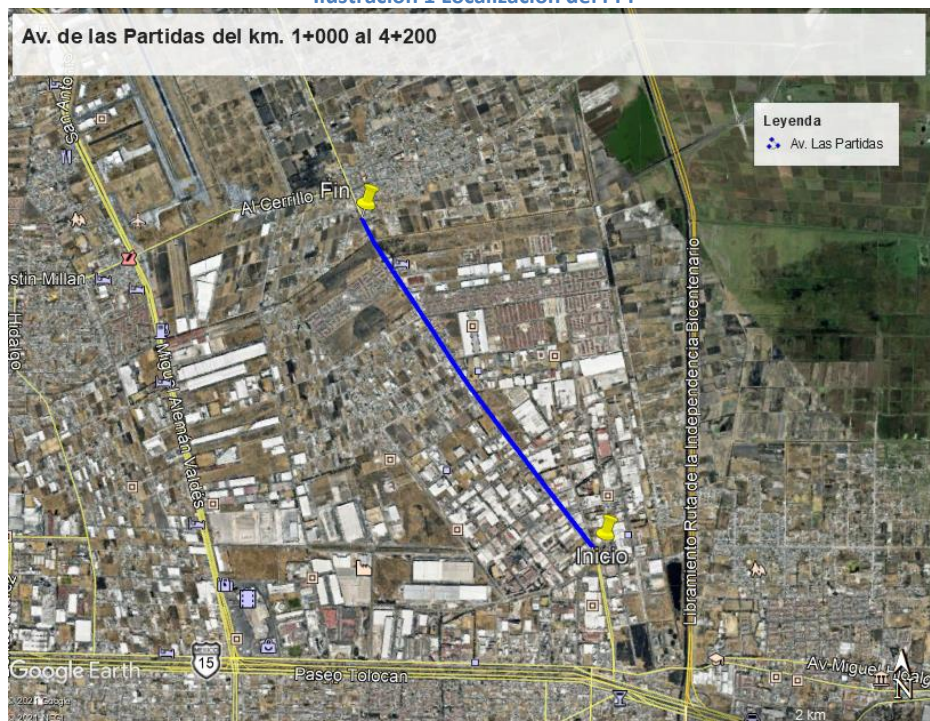
Lerma y Toluca pertenecen a su vez a la Región VII y Región XVII respectivamente del Estado de México.

El tramo para modernizar se encuentra referenciado mediante las siguientes coordenadas:

\*Inicio (km 1+000): 19.294683°, -99.528804°

\*Fin (km 4+200): 19.318222°, -99.546330°

Ilustración 1 Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con Google

## **Problemática Identificada**

Av. las Partidas representa una vía de movilidad industrial, comercial y de servicios entre los habitantes de los municipios de Lerma y Toluca. Actualmente la avenida de las Partidas cuenta con dos carriles de circulación por cada sentido, desde Paseo Tollocan hasta el km. 1+000. Sin embargo, la operación de dicha vía ha sido rebasada por el crecimiento industrial, comercial y de servicios de la zona, además el estado físico de esta avenida representa un factor problema para los usuarios que transitan sobre ella, debido a que viajan con bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje que provocan en gran medida incomodidad e inseguridad a los habitantes de la zona.

Lo anterior, es consecuencia de un flujo de tránsito elevado, lo cual genera retrasos de tiempo, principalmente al presentarse congestión en horas pico; debido a que dicha avenida a partir del km. 1+000 en adelante cuenta con un carril por sentido de circulación que no da abasto para el volumen de tránsito que circula sobre Av. las Partidas.

El camino presenta mal estado, ya que la carpeta asfáltica cuenta con un IRI de 7 mm/m al contar con grietas, baches y deformaciones que provocan molestias a los usuarios, además estas condiciones de transitabilidad sobre la vía incrementa el riesgo de posibles accidentes.

En ese sentido, se ha determinado la necesidad de realizar un proyecto que resuelva este problema, por lo que se contempla llevar a cabo la modernización de Av. Las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 y de esta forma brindar un mejor servicio a los usuarios de esta vialidad.

## **Objetivo del Proyecto**

Se pretende modernizar Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 con el objeto de mitigar la problemática presentada, derivada del elevado tránsito y mal estado de la carpeta asfáltica, ya que presenta baches, deformaciones, grietas y congestión a lo largo de la superficie de rodadura. Por lo tanto, al llevar a cabo trabajos que permitan evitar dichos problemas se brindará un mejor servicio de movilidad que provoque un mejor intercambio comercial e industrial en la zona, así como acceso a los servicios de salud, educación, vivienda y recreación, trayendo consigo un crecimiento y desarrollo económico de la zona.

De acuerdo con lo anterior, se determina que los objetivos principales del proyecto son los mencionados a continuación, los cuales permiten una comunicación eficaz, segura y fluida de los usuarios que transitan por la avenida.

- \*Aumentar las velocidades de recorrido
- \*Disminuir los tiempos de traslado
- \*Minimizar los costos generalizados de viaje (CGV's)
- \*Disminuir posibles accidentes

Por lo tanto, el presente estudio busca la factibilidad socioeconómica de llevar a cabo el proyecto denominado "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" y de esta manera ofrecer una mejor conexión entre dichos municipios permitiendo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

Además, el proyecto contempla mejorar la interacción con los municipios aledaños que permitan el crecimiento urbano, industrial y demográfico, así como el desarrollo económico y social de los municipios. Permitiendo cumplir con los objetivos, estrategias y líneas de acción del Plan Nacional de Desarrollo 2019 -2024, Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2017-2023, Plan de Desarrollo Municipal de Lerma 2019-2021 y el Plan de Desarrollo Municipal de Valle de Toluca 2019-2021.

### **Breve descripción del PPI**

Actualmente la avenida de las Partidas cuenta con dos carriles de circulación por cada sentido, desde Paseo Tollocan hasta el km. 1+000. Por lo anterior, el presente proyecto consiste en continuar con la ampliación y modernización de la Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 ubicada en el municipio de Lerma y Toluca, con la finalidad de que esta avenida cuente con dos carriles de circulación hasta el km. 4+200, que facilite la movilidad vehicular de la zona.

El presente proyecto contempla que se tenga una corona constituida por dos calzadas de 2 carriles de circulación cada una (una por sentido) separadas por un camellón de ancho variable y acotamientos internos y externos.

Es de suma importancia llevar a cabo los trabajos de ampliación y modernización que pretende el presente proyecto, ya que existe alto flujo vehicular industrial, comercial y de servicios en la zona.

A lo largo de una longitud de 3,200 m las calzadas tendrán un ancho de 9 metros cada una, con dos carriles de circulación de 3.50 m cada uno y acotamientos exteriores de 1.50 m e interiores de 0.50 m. La estructura del pavimento estará formada por la siguiente estructura de pavimento: pedraplén, capa subrasante, base hidráulica y carpeta asfáltica de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.

Se construirán banquetas y guarniciones para resguardar la seguridad de los peatones, se implementarán obras de drenaje que consisten en la colocación de tubería para formar un colector, construcción de pozos de visita y renivelación de pozos de visita para conducir las aguas crudas, residuales o negras que se generen en la zona a lugares donde el agua no dañe la estructura del pavimento, así como evitar la erosión de la superficie de rodamiento.

## **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

---

Se pintarán marcas en el pavimento necesarias para delinear las características geométricas de la vialidad, con el objetivo de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, se colocarán señales verticales bajas para regular el uso de la vialidad mediante tableros en postes, marcos y otras estructuras, transmitiendo al usuario un mensaje relativo a la carretera. Además, se colocarán vialetas con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

Se realizarán trabajos para colocar jardinería con la finalidad de urbanizar el espacio de la zona y se llevarán a cabo obras inducidas con el objeto de adecuar las instalaciones a la obra y evitar problemas con las obras ya existentes.

Al llevar a cabo estos trabajos, se obtendrá una vialidad ampliada y modernizada a dos carriles por cada sentido de circulación y se evitarán bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje. Por lo que, los usuarios transitarán de forma cómoda, fluida, eficaz y segura a través de Av. Las partidas.

## **Descripción de los principales Costos**

Los costos del proyecto corresponden a todos los trabajos de obra relacionados a la modernización de la Av. Las partidas, así como a la etapa de mantenimiento durante los 20 años de vida útil y los costos por molesta que presentará dicha Avenida durante el tiempo de su construcción, esto con el objeto de contar con todos los elementos de la infraestructura vial en óptimas condiciones.

A continuación, se enlistan los diferentes costos que interfieren en la "Modernización de Av. De las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

- **Monto de Inversión**

*Terracerías	\$31,928,440.30
*Estructuras	\$ 6,437,248.00
*Obras de drenaje y su drenaje	\$10,512,999.33
*Pavimentos	\$48,758,922.57
*Señalamiento	\$ 1,713,233.26
*Obras inducidas	\$37,692,260.00

Subtotal \$137,043,103.45

IVA \$ 21,926,896.55

**Total \$158,970,000.00**

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

- **Costos de mantenimiento (S/IVA)**

*Mantenimiento rutinario (anual)	\$ 3,482,500.00
*Mantenimiento periódico (cada 3 años)	\$18,433,800.00
*Rehabilitación (cada 10 años)	\$23,219,400.00

- **Costos por molestia**

*Costo por molestia anual	\$34,752,598.18
---------------------------	-----------------

## Descripción de los principales Beneficios

Con la "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" se perfeccionarán las condiciones de traslado en la zona de influencia, por lo que se ofrecerán ventajas principales para el usuario que consisten en:

- Disminuir costos generalizados de viaje
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.
- Aumentar la velocidad de recorrido para garantizar un traslado eficiente.
- Aumentar la calidad de vida y el confort que perciben los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.
- Aumentar la seguridad peatonal y vehicular de los usuarios.

## Indicadores de Rentabilidad

<b>Valor Presente Neto VPN</b>	\$572,165,678.40
<b>Tasa Interna de Retorno TIR</b>	49.10%
<b>Tasa de Rendimiento Inmediata TRI</b>	48.22%

## Riesgos Asociados

Existen varios factores de riesgo que pueden afectar el proyecto, ya sea retrasando o modificando el cumplimiento de las metas y el desarrollo de la estrategia elaborada. Uno de los principales riesgos es la disponibilidad total de recursos presupuestales para concluir

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

#### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

---

la obra en el tiempo previsto, ya que en caso de haber retrasos se obligaría a postergar algunos trabajos, cuya atención a futuro representaría un mayor gasto.

Otros factores como la presencia de diversos fenómenos meteorológicos (principalmente lluvias) que concurrentemente se presentan año con año en la zona, son un factor importante de riesgo a considerar en la ejecución del proyecto.

### **Conclusión del Análisis:**

La evaluación socioeconómica del proyecto "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" indica que se trata de una obra de infraestructura económicamente rentable, ya que presenta mejoras significativas a la transitabilidad de los usuarios, ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular en comparación con la inversión requerida. Además, mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario, al garantizar una circulación rápida, fluida y segura de los vehículos.

En síntesis, con este proyecto se obtendrán los siguientes beneficios:

De forma directa:

- Disminuir costos generalizados de viaje
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.
- Aumentar la velocidad de recorrido de los usuarios que transitan por Av. las partidas.
- Disminuir los posibles accidentes derivados del mal estado de la carpeta asfáltica.

E indirectamente:

- Aumentar la calidad de vida de los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.
- Aumentar la movilidad industrial, comercial y de servicios en la zona.



## II. Situación Actual

### a) Diagnóstico de la Situación Actual

El presente proyecto se desarrollará en el Estado de México. En el Estado, diariamente miles de personas tienen la necesidad de trasladarse, ya sea a sus centros educativos, recreación, de trabajo e incluso de salud. Por ello, satisfacer la demanda de transporte requerido para el desarrollo de las actividades cotidianas de la población es uno de los grandes desafíos.

El transporte juega un papel importante en el proceso de integración económica municipal, estatal e incluso nacional. Es un elemento que facilita la intra e intercomunicación, por lo que es indispensable que los nuevos proyectos sean evaluados con estudios técnicos para evitar y/o en su caso mitigar los impactos a los servicios públicos existentes.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el Estado de México se tiene que la Tasa de Crecimiento Media Anual (TMCA) de población en la década de los años de 1990 a 2015 de 4.33%, con una población de 16,187,608 habitantes, esta dinámica poblacional no necesariamente refleja las problemáticas de movilidad que experimenta, ya que es un paso de vehículos constante que conecta con municipios y entidades federativas del centro del país.

El Estado de México se localiza en la zona central de la república mexicana, colinda al norte con los Estados de Querétaro e Hidalgo y al sur con Guerrero y Michoacán, así como con la Ciudad de México a la que rodea al norte este y oeste se encuentra en las coordenadas, Longitud 90°53'00" Oeste, Latitud 18°21'15"Norte y Longitud 100°37'00" Oeste, Latitud 20°17'00"Norte, cuenta con una superficie de 22,357 kilómetros y ocupa el 1.09% del total de territorio en el país.

En particular el proyecto **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"** se desarrolla en los municipios de Lerma y Toluca dentro de la cabecera municipal de Lerma, Colonia Isidro Fabela, Colonia los Cedros, El Cerrillo y San Pedro Totoltepec.

Lerma pertenece a la región VII y se ubica geográficamente entre los paralelos 18°17'49" latitud norte y a los 99°31'20" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

Limita al norte con los municipios de Jilotzingo y Xonacatlán; al sur con Capulhuac y Tianguistenco; al Oriente con Huixquilucan, Naucalpan de Juárez y Ocoyoacac; al poniente con Metepec, San Mateo Atenco y Toluca.

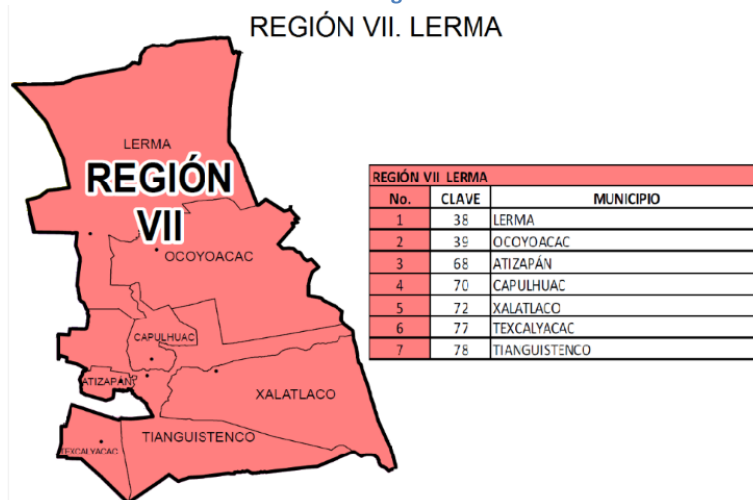
La ubicación privilegiada del municipio en la región facilita el intercambio internacional, nacional, estatal e inter-municipal, aunado a lo anterior, dentro del municipio se ubica un parque industrial que genera empleo, flujo de divisas y migración de mano de obra calificada. La economía del municipio es resultado en gran medida de flujos comerciales con

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

las entidades federativas y municipios que conforman la región centro y occidente del país principalmente. La gran demanda de empleo generada por dicho corredor industrial detonó en flujos migratorios de personas desde la década de los 70.<sup>2</sup>

Ilustración 2 Región VII Lerma



Fuente: [https://copladem.edomex.gob.mx/regiones\\_y\\_municipios](https://copladem.edomex.gob.mx/regiones_y_municipios)

El municipio de Toluca se localiza al poniente del Estado de México y cuenta con una extensión territorial de 42 mil 685 hectáreas, equivalente al 1.89 por ciento del territorio estatal. Sus coordenadas geográficas son 19°17'16" al norte y 99°39'11" al oeste; con una altitud que va de los 2 mil 649 a los 2 mil 804 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Los municipios con los que colinda son Almoloya de Juárez, Temoaya y Oztolotepec, Lerma, San Mateo Atenco, Metepec, Tenango del Valle, Zinacantepec y Calimaya y pertenece a la región XVII (Toluca).

Además, Toluca es un importante centro industrial. Las industrias establecidas en el municipio se dedican a la producción y distribución de bebidas, alimentos procesados, textiles, automóviles, productos eléctricos, químicos y farmacéuticos, entre otros<sup>3</sup>. Por ello, la comunicación de los usuarios al municipio es de vital importancia.

<sup>2</sup> Plan Municipal de Lerma 2019-2021

<sup>3</sup> Plan Municipal de Toluca 2019-2021

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Ilustración 3 Región XVII Toluca  
REGIÓN XVII. TOLUCA



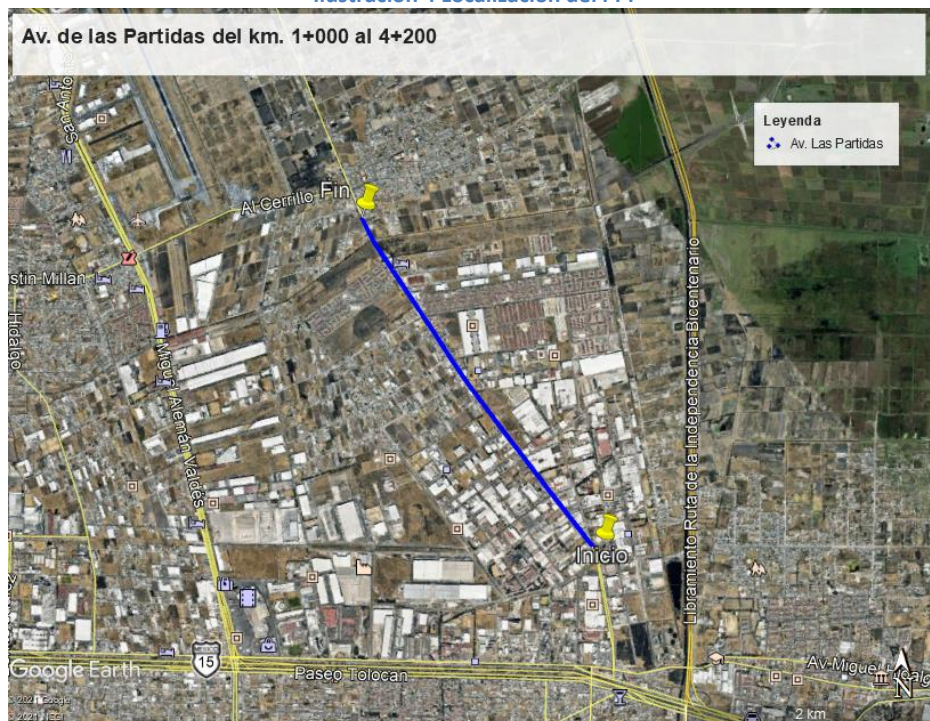
Fuente: [https://copladem.edomex.gob.mx/regiones\\_y\\_municipios](https://copladem.edomex.gob.mx/regiones_y_municipios)

En particular, el tramo a modernizar se encuentra referenciado mediante las siguientes coordenadas:

\*Inicio (km 1+000): 19.294683°, -99.528804°

\*Fin (km 4+200): 19.318222°, -99.546330°

Ilustración 4 Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con Google

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

#### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

---

Av. las Partidas representa una vía principal entre la comunicación de los habitantes de los municipios de Lerma y Toluca; principalmente de la cabecera municipal de Lerma, Colonia San Isidro, Colonia los Cedros, El Cerrillo y San Pedro Totoltepec que diariamente se trasladan por dicha avenida por motivos de trabajo, recreación, salud, escolares, entre otros. Además, a lo largo de la Av. se encuentran diversos establecimientos y negocios comerciales que son visitados por los usuarios que transitan a lo largo del tramo.

Sin embargo, actualmente el estado físico y de operación de esta avenida representa un factor problema para los usuarios que transitan sobre ella, debido a que viajan con bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje que provocan en gran medida incomodidad e inseguridad a los habitantes de la zona.

Lo anterior, es consecuencia de un flujo de tránsito elevado, lo cual genera retrasos de tiempo principalmente al presentarse congestión en horas pico; debido a que la oferta (un carril por sentido de circulación) del camino no da abasto para el volumen de tránsito que circula sobre Av. las Partidas.

A lo largo de 3.2 km comprendidos del km 1+000 al km 4+200 avenida las Partidas cuenta con un ancho de corona total de 9 metros conformados por dos carriles de circulación (uno por sentido) de 3.5 metros de ancho cada uno y dos acotamientos en cada orilla de 1 metro de ancho cada uno. Sin embargo, la carpeta asfáltica se encuentra deteriorada a causa de la demanda que transita sobre el camino, generando fallas en la carpeta asfáltica consistentes en baches, grietas y deformaciones. Por lo que, cuenta con un IRI de 7 mm/m.

En cuanto a estructuras la avenida cuenta con banquetas y guarniciones en tramos aislados en ambos lados de la corona.

En lo que respecta a señalamiento, se observa que existe una línea amarilla en medio de la corona con el objeto de separar los carriles de circulación. Sin embargo, es poco visible. Además, cuenta con señalamiento vertical en algunos puntos, los cuales son escasos.

Sobre las obras de drenaje, se presenta un arroyo a la orilla del camino, el cual se encuentra en mal estado con maleza vegetal y basura impidiendo que el flujo de agua fluya de manera correcta. Además, cuenta con pozos de visita y registros de agua pluvial, los cuales se encuentran en mal estado debido a que no están nivelados. Todo esto, ocasiona que estos no operen de manera óptima provocando encharcamientos sobre la superficie de rodamiento al no canalizar el agua de forma eficiente.

Esto en conjunto ocasiona serios problemas a los usuarios que transitan sobre Av. las Partidas, debido a que deben circular con bajas velocidades, altos tiempos de traslado y altos costos generalizados de viaje.

Cabe mencionar que de no llevar a cabo un proyecto que elimine la problemática los usuarios circularán con inseguridad, incomodidad y molestias a sus destinos, ya que con el paso del tiempo el estado del pavimento contará con más problemas sobre su estructura

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

#### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

de pavimento, así también el incremento de la demanda a lo largo de los años ocasionará congestión y elevados retrasos de tiempo principalmente.

Los habitantes perjudicados son los ubicados en las siguientes localidades:

**Tabla 1 Localidades perjudicadas**

<b>Habitantes perjudicados</b>					
<b>Municipio</b>	<b>Localidad</b>	<b>Grado de marginación</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>Tasa de Crecimiento</b>
Lerma	Cab. Municipal	Muy bajo	16,827	22,713	34.979%
	Col. Isidro Fabela	Medio	953	1,478	55.089%
	Col. Los Cedros	Muy bajo	3,000	3,094	3.133%
Toluca	El Cerrillo	Medio	6,444	8,699	34.994%
	San Pedro Totoltepec	Bajo	19,052	21,076	10.624%
<b>Total</b>			<b>46,276</b>	<b>57,060</b>	<b>27.76%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar el crecimiento de la población del 2005 al 2010 es alto, tenido como resultado una tasa del 27.76% en promedio a lo largo de 5 años, por lo tanto, se espera un crecimiento anual de 5.55%.

La infraestructura vial se considera el principal elemento de integración y conectividad regional; dicho elemento debe de operar de manera eficiente ya sea mejorando la operación vehicular o creando nueva infraestructura.

Se tiene la necesidad de llevar a cabo un proyecto que evite aumentar la problemática (bajas velocidades, altos tiempos de traslado, elevados costos generalizados de viaje e inseguridad a los usuarios principalmente) a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se pretende llevar a cabo la "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

### **c) Análisis de la Oferta Actual**

La Av. las Partidas es una de las vialidades principales de comunicación entre los municipios de Toluca y Lerma debido a la conexión de industrias, negocios particulares, escuelas, entre otros. Derivado de la industria encontrada, se tiene un sistema transitado por todo tipo de vehículos. A continuación, se presentan fotografías de la situación actual de la Avenida.

**Ilustración 5 Características actuales de la vialidad**



*Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México*

Al transitar por el camino del km 1+000 al km 4+500 se observan las mismas condiciones de la vialidad con una superficie de rodamiento a base de carpeta asfáltica.

**Ilustración 6 Estado actual de la Avenida**



*Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México*

Se observa que el señalamiento horizontal no es visible en tramos aislados del camino.

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

---

**Ilustración 7 Estado actual de la Avenida**



*Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México*

El arroyo a la orilla del camino se encuentra en mal estado con maleza vegetal y basura a lo largo del mismo.

**Ilustración 8 Estado actual de la Avenida**



*Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México*

Los pozos de visita se encuentran desnivelados y en mal estado. Se observa que la carpeta asfáltica se encuentra en malas condiciones.

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

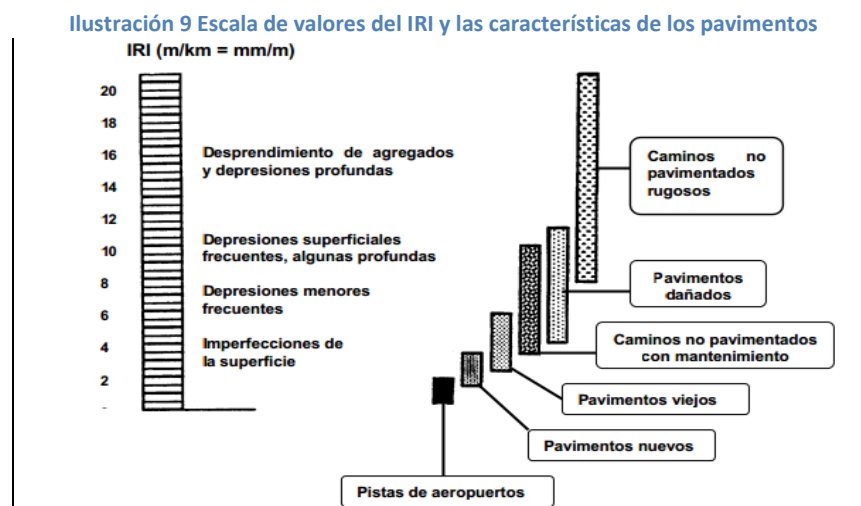
### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

De acuerdo a las fotografías y recorridos realizados se observa que el señalamiento horizontal no es visible y la carpeta asfáltica de los acotamientos cuenta con la zona de rodamiento en malas condiciones. Además, la carpeta asfáltica presenta agrietamiento.

Además, el índice de rugosidad internacional (IRI) del área en estudio observado es de 7 mm/m. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo, su unidad de medida es m/km o mm/m. En la siguiente figura se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2m o 3m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquél que es mayor al 95% de las observaciones, e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IIR, en m/km:

$IRI (m/km) = 0.35 DMR3$ ;  $DMR3 = 95$  percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 3m de largo

$IRI (m/km) = 0.437 DMR2$ ;  $DMR2 = 95$  percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2m de largo"<sup>4</sup>



Fuente: Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México, IMT

<sup>4</sup>Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2012; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.



## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Asimismo, cuando no se cuenta con medición láser, cuarto de carro y no hay posibilidad de usar la regla de 3 metros una forma viable de hacer una estimación del IRI es en base a la observación de los daños y del estado superficial del pavimento, para que a través de la experiencia del ingeniero en lo relativo a evaluación de pavimentos se utilizara la escala anterior para asignar un IRI representativo.

#### Nivel de servicio

La capacidad y nivel de servicio en el que opera un camino, se clasifica en seis diferentes niveles dependiendo del tránsito vehicular que circula por ese tramo. La metodología empleada para el cálculo es la que se describe en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el resultado se obtuvo en base a los datos obtenidos en campo cuando se llevó a cabo la encuesta y los aforos viales.

De acuerdo a esto, el nivel de Servicio Carretero de Avenida las Partidas, tramo del km 1+000 al km 4+500 es un tipo de servicio Tipo D.

Tabla 2 Nivel de Servicio de carreteras

Nivel de Servicio	Carreteras de dos carriles
A	Corresponde a una condición de tránsito libre, con volúmenes vehiculares bajos y velocidades altas. La densidad es baja y la velocidad depende del deseo de los conductores, dentro de los límites establecidos por las condiciones del camino
B	Corresponde a la zona de tránsito estable, con velocidades de operación que empiezan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen una libertad razonable de elegir sus velocidades y el carril de operación.
C	Se encuentra en la zona de tránsito estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobrar dependen del volumen de tránsito. Se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.
D	<b>Empieza a tener tránsito inestable, con velocidades de operación aun satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación.</b>
E	El flujo viaja a velocidades constantes pero significativamente bajas, más que en cualquiera de sus niveles predecesores; el volumen de tránsito corresponde a la capacidad, así también el flujo de tránsito no puede elegir sus maniobras con libertad.
F	Se caracteriza porque el tránsito fluye en forma forzada; con paradas continuas

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carretera 2018, SCT

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC\\_2018\\_310718.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_310718.pdf)

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

En resumen, se cuenta con las siguientes características físicas y geométricas de Av. las Partidas.

Tabla 3 Características físicas y geométricas de la Avenida

CARACTERÍSTICAS		
Tramo	Del km 1+000 al km 4+200	
Longitud del tramo (km)	3.20 km	
Municipio (s)	Lerma y Toluca	
Localidad (es)	<b>Lerma.</b> Cabecera municipal de Lerma Col. Isidro Fabela Col. Los Cedros	<b>Toluca.</b> El Cerrillo San Pedro Totoltepec
Tipo de terreno	Plano	
Numero de cuerpos	1	
Sentidos de circulación	2	
Camellón	Inexistente	
Ancho de calzada (m)	9 metros	
Número de carriles	2 (uno por sentido de circulación)	
Ancho promedio de carril (m)	3.50 metros	
Acotamientos	Existentes (a las orillas de la avenida)	
Ancho de los acotamientos:	1 metro	
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en mal estado	
Índice de rugosidad (m/km)	7 mm/m	
Obras de drenaje	Existentes en mal estado	
Condiciones de señalamiento	Poco visibles	
Pendiente media ascendente (%)	0.80%	
Pendiente media descendente (%)	-0.80%	
Proporción de viaje ascendente (%)	59.31%	
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2576	
Curvatura horizontal máx. (grados)	0	
Nivel de Servicio	D	









Fuente: Elaboración propia con base en las características promedio obtenidas en trabajo de campo

## e) Análisis de la Demanda Actual

La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino. Para fines del presente proyecto, este análisis vincula el análisis de demanda de los vehículos que utiliza la vialidad en sentido Sur-Norte y Norte-Sur.

En los aforos realizados, se clasifico el tránsito, de acuerdo con los criterios establecidos por la S.C.T. Federal, que denomina automóviles "A", autobuses "B" y camiones "C", existiendo subclasificaciones de camiones, de acuerdo con el número de ejes y la combinación de semirremolque, a continuación, se presenta la clasificación de lo antes descrito:

**Ilustración 10 Composición vehicular de acuerdo a la SCT**

A	
B	
C2	
C3	
T3S2	
T3S3	
T3S2-R4	
OTRO	

### 1. Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), el aforo vehicular es importante ya que refleja la demanda o importancia de dichas calles.

Para la vialidad en estudio se cuenta con datos obtenidos en campo por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México los cuales arrojan la siguiente información al año 2021 para cada situación baja, media y alta congestión, teniendo como resultado el siguiente TDPA:

**Tabla 4 TDPA proyecto**

HORAS DE DEMANDA	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	4467
MEDIA CONGESTIÓN	7365
BAJA CONGESTIÓN	1266
<b>TOTAL</b>	<b>13098</b>

*Fuente: Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México*

## 2. Composición vehicular

La composición vehicular para la vialidad en estudio se divide a partir de la tramificación antes descrita y con referencia a los datos obtenidos en campo de la siguiente forma:

**Tabla 5 Composición vehicular**

	A	B	C	TOTAL
<b>ALTA CONGESTIÓN</b>	87.00%	3.00%	10.00%	100.00%
<b>MEDIA CONGESTIÓN</b>	86.00%	3.00%	11.00%	100.00%
<b>BAJA CONGESTIÓN</b>	79.00%	4.00%	17.00%	100.00%

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México, 2019  
Véase Anexo IV. Estudio de tránsito

## 3. Periodización

La periodicidad del camino en estudio resulta indispensable para obtener los aforos horarios a lo largo del día, para así conocer los periodos de alta, media y baja congestión.

**Tabla 6 Periodicidad**

Horas de demanda	Horas al día	T.D.P.A.
<b>ALTA CONGESTIÓN</b>	6	4467
<b>MEDIA CONGESTIÓN</b>	11	7365
<b>BAJA CONGESTIÓN</b>	7	1266
<b>ALTA CONGESTIÓN</b>	24	13098

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México, 2019  
Véase Anexo IV. Estudio de tránsito

## 4. Tasa de ocupación vehicular

La tasa de ocupación vehicular señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad.

**Tabla 7 Ocupación Vehicular Promedio**

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: *Publicación Técnica No. 590, IMT*  
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt590.pdf>

## **g) Diagnóstico de la Interacción De La Oferta- Demanda**

Como se mencionó anteriormente, el elevado flujo de tránsito genera retrasos de tiempo y congestión en horas pico; debido a que la oferta (un carril por sentido de circulación) del camino no da abasto para el tránsito fluido de los usuarios. Además, el camino presenta mal estado actualmente, ya que la carpeta asfáltica cuenta con un IRI de 7 mm/m al contar con grietas, baches y deformaciones.

Lo anterior provoca bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje.

La relación que tiene la oferta y la demanda es el costo en el que incurren los vehículos al circular por las calles. Al ser estimados se toman en cuenta diferentes características del camino y vehículo como: costos de operación, mantenimiento del vehículo, costo del tiempo de las personas que transitan, costos de los hidrocarburos, costos del mantenimiento vehicular, valor del tiempo de los usuarios, valor del tiempo de los choferes de las unidades, condiciones físicas de la carretera, altitud de promedio de la carretera, entre otros.

Así entonces, el CGV es el costo en el que incurre el usuario de un camino, por trasladarse entre un cierto origen y un destino en donde influyen tanto los costos de operación vehicular (COV) (combustible, lubricantes, neumáticos, refacciones, etc.), como los costos del tiempo del recorrido (CTR). La sumatoria de estos dos elementos dan como resultado los Costos Generalizados de Viaje por tipo de vehículo.

### **1. Velocidad y Tiempo de Recorrido**

Una de las variantes más importantes a considerar en este proyecto son las velocidades y el tiempo de recorrido de los vehículos que transitan por el camino, pues estas variables se ven afectadas considerablemente debido al estado físico, el nivel de congestión y las características geométricas de la carretera, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado y congestionado.

De acuerdo a los recorridos ejercidos por el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México se obtuvieron las velocidades de recorrido para los vehículos tipo A, tipo B y tipo C con la metodología de vehículo flotante, las cuales son utilizadas para el Estudio Costo Beneficio del presente proyecto.

De acuerdo al Instituto Mexicano del Transporte en su publicación Métodos De Asignación De Tránsito En Redes Regionales De Carreteras: Dos Alternativas De Solución (Publicación Técnica No. 2014) El método del vehículo flotante, consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo. Los responsables del estudio de campo realizan esta

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

medición por persecución, es decir se da seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando. Cuando se trate de vehículos de pasajeros, los responsables de medir los tiempos de recorrido se incorporan como usuarios en el vehículo objeto de la muestra, cronometrando los recorridos sin considerar los tiempos muertos por paradas continuas (ascenso y descenso de pasajeros, y tiempo para tomar algún refrigerio).

Tabla 8 Velocidades en situación actual del Camino

Alta Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	26.48	22.37	19.69
Vel. Prom (km/hr)	22.84666667		
Tiempo de recorrido	00:07:15	00:08:35	00:09:45

Media Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	34.39	26.73	23.41
Vel. Prom (km/hr)	28.17666667		
Tiempo de recorrido	00:05:35	00:07:11	00:08:12

Baja Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	41.29	29.92	28.44
Vel. Prom (km/hr)	33.21666667		
Tiempo de recorrido	00:04:39	00:06:25	00:06:45

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021  
Véase Anexo V. Estudio de Velocidades

Es notable que estas velocidades sean bajas, motivo por el cual los tiempos de recorrido también se vean afectados y disminuyan notablemente provocando así que no sean los óptimos para esta avenida.

## 2. Costos de Operación Vehicular

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso del modelo computacional VOC-MEX, el cual arroja los resultados base por cada 1,000 vehículos-kilómetro. Los insumos básicos que se ingresaron para las corridas del VOC-MEX son los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 590 2020, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

En la siguiente tabla se muestran los resultados arrojados por el programa VOC-MEX, para el caso de cada tipo de vehículo del presente proyecto:

Tabla 9 Costos de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo

Alta Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 9,186.80	\$ 22,452.71	\$ 17,062.88
COV (\$/km)/vehículo	\$ 9.19	\$ 22.45	\$ 17.06

Media Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 8,160.06	\$ 20,893.85	\$ 15,666.96
COV (\$/km)/vehículo	\$ 8.16	\$ 20.89	\$ 15.67

Baja Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km)/vehículo	\$ 7.61	\$ 20.07	\$ 14.42

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

Los parámetros con los que se alimentó el programa VOC-MEX por tipo de vehículo son los publicados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en la publicación técnica 590 2020 y las velocidades registradas por el departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México, estos se presentan en el Anexo III.

### 3. Costo del Tiempo de Recorrido (CRT)

El CRT representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios.

Con la publicación de los resultados del Censo 2010, se realizó una actualización de los factores de ingresos y horas trabajadas aplicando la metodología propuesta por Torres (2012), cuyas expresiones básicas y valores se muestran a continuación.

$$SHP = \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$

$$VTpp = 0.3 * 2 * \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$

Dónde:

SHP= Valor tiempo por motivo de trabajo

VTpp= Valor del tiempo por motivo de placer

SMGP = salario mínimo por hora (en pesos)

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

HTPcenso2010 = promedio de las horas trabajadas por semana = 41.444

FIP censo2010 = factor de ingreso promedio de la población (en SMGP) = 3.367

H = ingreso horario familiar = 2\*FIP\*SMH

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 10 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido con optimizaciones**

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	141.7
Valor tiempo por motivo de trabajo	<b>80.58</b>
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	<b>48.35</b>
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	20.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	15.00

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2020, NOTAS núm. 182, ENERO-FEBRERO 2020, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

A continuación, se presentan los resultados de los CGV's correspondientes a la situación actual de alta, media y baja congestión de Avenida las Partidas del tramo del km 1+00 al km 4+200.

**Tabla 11 Costos representativos de la situación actual**

<b>Alta Congestión</b>								
<b>Costos de Operación Vehicular</b>								
<b>COV (\$/km)</b>				<b>Situación Actual</b>				<b>Total</b>
<b>Costo de Operación (\$/veh/km)</b>				<b>Costo de Operación (\$)</b>				
<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>		
0	2021	\$9.19	\$22.45	\$17.06	\$41,700,609.64	\$3,514,380.64	\$8,902,482.04	\$54,117,472.32

<b>Valor tiempo</b>								
<b>Velocidad de Recorrido (km/hr)</b>				<b>Situación Actual</b>				<b>Total</b>
				<b>Costo de Operación (\$)</b>				
<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>		
0	2021	26.48	22.37	19.69	\$24,312,077.78	\$11,412,319.34	\$7,949,399.70	\$43,673,796.82

<b>CGV'S Anuales (\$)</b>					
<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>	
0	2021	\$66,012,687.42	\$14,926,699.98	\$16,851,881.74	\$97,791,269.14

<b>Media Congestión</b>								
<b>Costos de Operación Vehicular</b>								
<b>COV (\$/km)</b>				<b>Situación Actual</b>				<b>Total</b>
<b>Costo de Operación (\$/veh/km)</b>				<b>Costo de Operación (\$)</b>				
<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>		
0	2021	\$8.16	\$20.89	\$15.67	\$60,368,106.91	\$5,392,067.00	\$14,824,939.53	\$80,585,113.43

<b>Valor tiempo</b>								
<b>Velocidad de Recorrido (km/hr)</b>				<b>Situación Actual</b>				<b>Total</b>
				<b>Costo de Operación (\$)</b>				
<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>		
0	2021	34.39	26.73	23.41	\$30,510,117.40	\$15,746,996.82	\$12,126,294.75	\$58,383,408.97

<b>CGV'S Anuales (\$)</b>					
<b>Año</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>	
0	2021	\$90,878,224.31	\$21,139,063.81	\$26,951,234.28	\$138,968,522.40

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

Baja Congestión								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual				Total
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	\$7.61	\$20.07	\$14.42	\$8,895,352.60	\$1,187,256.16	\$3,625,613.92	\$13,708,222.68

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Actual				Total
				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	41.29	29.92	28.44	\$4,012,552.86	\$3,224,295.23	\$2,651,655.70	\$9,888,503.78

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	\$12,907,905.46	\$4,411,551.39	\$6,277,269.61	\$23,596,726.46

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

### III. Situación sin el Proyecto de Inversión

Si bien resulta complejo realizar acciones de optimización la presente evaluación plantea medidas de optimización u obras de tipo menor que contribuyen a elevar las condiciones de operación de la vialidad en estudio, bajo el supuesto, que por razones presupuestales no se completara la obra. Por supuesto que dichas medidas deben contemplar que sean factibles, posibles y rentables durante el horizonte de evaluación, así se obtendría una situación base "sin proyecto optimizada", para compararla con la situación "con proyecto". Aunado a lo anterior, las acciones de optimización no deberán suponer un costo mayor al 10% del costo social contemplado para la elaboración del proyecto de acuerdo a los 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.

#### a) Optimizaciones

A continuación, se presentan trabajos que mejoran la superficie de rodamiento en la totalidad de la vía a base de bacheo. Asimismo, con estas acciones se esperaría incrementar de manera poco significativa las velocidades de operación.

Las acciones de optimización a llevar a cabo se describen a continuación:

- **Limpieza de la superficie de rodamiento:** La limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos, es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar los objetos extraños que afecten la comodidad y seguridad del usuario.
- **Acciones de bacheo general:** Esta acción de optimización comprende el conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados, en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando la base del pavimento se encuentra en condiciones estables y sin exceso de agua.
- **Renivelación de la carpeta asfáltica:** Es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie de una carpeta asfáltica para corregir deformaciones permanentes, tales como roderas, depresiones y corrugaciones, entre otras, con el propósito de restablecer las características geométricas, de drenaje superficial, de seguridad y comodidad de la carretera.
- **Mejoramiento de la señalización:** Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las señales horizontales en la vialidad, cuando ya han perdido su visibilidad o han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.
- **Renivelación de los pozos de visita:** son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle con la finalidad de permitir

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, por ello es de vital importancia mantenerlos en buen estado.

En el siguiente recuadro se muestran los trabajos y costos contemplados como medidas de optimización del presente proyecto:

Tabla 12 Costos medidas de optimización

COSTOS DE OPTIMIZACIÓN				
DATOS				
LONGITUD =			3200.00	M
ANCHO =			18.00	M
ÁREA =			57600	M <sup>2</sup>
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de la sup de rodamiento	ha	5.76	\$18,500.00	\$ 106,560.00
Bacheo aislado	M <sup>3</sup>	403.2	\$ 4,600.00	\$ 1,854,720.00
Renivelaciones	m3	2016	\$ 4,600.00	\$ 9,273,600.00
Señalamiento horizontal	M	9600	\$ 14.00	\$ 134,400.00
Renivelación de pozos de visita	pza	84.00	\$ 650.00	\$ 54,600.00
<b>TOTAL SIN IVA=</b>				<b>\$ 13,251,700.00</b>
<b>TOTAL CON IVA=</b>				<b>\$ 15,371,972.00</b>

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

Los costos de medidas de optimización son menores al 10% del monto de inversión por lo que se cumple con lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Sin embargo, dichos trabajos mejorarían de forma mínima las condiciones de operatividad y seguridad de las vialidades de la zona de influencia, por lo que esta alternativa representaría una solución parcial, ya que no resuelve los problemas de tránsito en lo que respecta a bajas velocidades de operación y elevados costos generalizados de viaje.

## c) Análisis de la Oferta

Con la implementación de las medidas de optimización realizadas sobre la Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200, se tendrían en consideración las características actuales del camino en los 3.20 kilómetros, mejorando parcialmente la zona de rodadura, permitiendo tener un IRI de 5 mm/m, mismo que tendrá una mejora únicamente durante el primer año de vida útil. A continuación, se presenta la información sobre las características físicas y geométricas del camino de acuerdo a las medidas de optimización.

En resumen, se cuenta con las siguientes características físicas y geométricas de Av. las Partidas.

**Tabla 13 Características físicas y geométricas de la Avenida**

CARACTERÍSTICAS		
Tramo	Del km 1+000 al km 4+200	
Longitud del tramo (km)	3.20 km	
Municipio (s)	Lerma y Toluca	
Localidad (es)	<b>Lerma.</b> Cabecera municipal de Lerma Col. Isidro Fabela Col. Los Cedros	<b>Toluca.</b> El Cerrillo San Pedro Totoltepec
Tipo de terreno	Plano	
Numero de cuerpos	1	
Sentidos de circulación	2	
Camellón	Inexistente	
Ancho de calzada (m)	9 metros	
Número de carriles	2 (uno por sentido de circulación)	
Ancho promedio de carril (m)	3.50 metros	
Acotamientos	Existentes (a las orillas de la avenida)	
Ancho de los acotamientos	1 metro	
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en buen estado	
Índice de rugosidad (m/km)	5 mm/m	
Obras de drenaje	Pozos de visita existentes en buen estado	
Condiciones de señalamiento	Visible	
Pendiente media ascendente (%)	0.80%	
Pendiente media descendente (%)	-0.80%	
Proporción de viaje ascendente (%)	59.31%	
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2576	
Curvatura horizontal máx. (grados)	0	
Nivel de Servicio	D	

Fuente: Elaboración propia con base en las características promedio obtenidas en trabajo de campo

Aunque se llevaron trabajos para mejorar la superficie de rodamiento, no se llevaron a cabo trabajos para regular el paso de vehículos sobre la vialidad por lo que el nivel de servicio de la Avenida las Partidas quedaría igual a la situación Actual.

**Tabla 14 Nivel de Servicio de carreteras**

<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Carreteras de dos carriles</b>
A	Corresponde a una condición de tránsito libre, con volúmenes vehiculares bajos y velocidades altas. La densidad es baja y la velocidad depende del deseo de los conductores, dentro de los límites establecidos por las condiciones del camino
B	Corresponde a la zona de tránsito estable, con velocidades de operación que empiezan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen una libertad razonable de elegir sus velocidades y el carril de operación.
C	Se encuentra en la zona de tránsito estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobrar dependen del volumen de tránsito. Se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.
D	<b>Empieza a tener tránsito inestable, con velocidades de operación aun satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación.</b>
E	El flujo viaja a velocidades constantes pero significativamente bajas, más que en cualquiera de sus niveles predecesores; el volumen de tránsito corresponde a la capacidad, así también el flujo de tránsito no puede elegir sus maniobras con libertad.
F	Se caracteriza porque el tránsito fluye en forma forzada; con paradas continuas

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carretera 2018, SCT



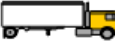



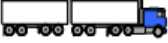

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC\\_2018\\_310718.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_310718.pdf)

## **d) Análisis de la Demanda**

La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino. Para fines del presente proyecto, este análisis vincula el análisis de demanda de los vehículos que utiliza la vialidad en sentido Sur-Norte y Norte-Sur.

En los aforos realizados, se clasifico el tránsito, de acuerdo con los criterios establecidos por la S.C.T. Federal, que denomina automóviles "A", autobuses "B" y camiones "C", existiendo subclasificaciones de camiones, de acuerdo con el número de ejes y la combinación de semirremolque, a continuación, se presenta la clasificación de lo antes descrito:

**Ilustración 11 Composición vehicular de acuerdo a la SCT**

A	
B	
C2	
C3	
T3S2	
T3S3	
T3S2-R4	
OTRO	

### 1. Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), el aforo vehicular es importante ya que refleja la demanda o importancia de dichas calles.

Para la vialidad en estudio se cuenta con datos obtenidos en campo por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México los cuales arrojan la siguiente información al año 2021, teniendo como resultado el siguiente TDPA:

**Tabla 15 TDPA proyecto**

HORAS DE DEMANDA	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	4467
MEDIA CONGESTIÓN	7365
BAJA CONGESTIÓN	1266
<b>TOTAL</b>	<b>13098</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México

### 2. Composición vehicular

La composición vehicular para la vialidad en estudio se divide con referencia a los datos obtenidos en campo de la siguiente forma:

**Tabla 16 Composición vehicular**

	A	B	C	TOTAL
ALTA CONGESTIÓN	87.00%	3.00%	10.00%	100.00%
MEDIA CONGESTIÓN	86.00%	3.00%	11.00%	100.00%
BAJA CONGESTIÓN	79.00%	4.00%	17.00%	100.00%

Fuente: Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México

#### **4. Periodización**

La periodicidad del camino en estudio resulta indispensable para obtener los aforos horarios a lo largo del día, para así conocer los periodos de alta, media y baja congestión.

**Tabla 17 Periodicidad**

<b>Horas de demanda</b>	<b>Horas al día</b>	<b>T.D.P.A.</b>
ALTA	6	4467
MEDIA	11	7365
BAJA	7	1266
TOTAL	24	13098

*Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México, 2019*

*Véase Anexo IV. Estudio de tránsito*

#### **5. Tasa de ocupación vehicular**

La tasa de ocupación vehicular señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad.

**Tabla 18 Ocupación Vehicular Promedio**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
2.0	23.0	1.0

*Fuente: Publicación Técnica No. 590, IMT*

*<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt590.pdf>*

Con el objeto de conocer el comportamiento de las corrientes de tránsito durante todo el año, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes instaló un conjunto de aparatos automáticos contadores de vehículos, distribuidos en diferentes tramos de la red carretera. Con este mismo propósito también se dispone de los volúmenes de tránsito que se registran en las casetas de cobro de Autopistas y Puentes de cuota, que constituyen una de las fuentes más completas de información, en virtud de que su sistema de operación exige una clasificación detallada del tipo de vehículos que utilizan las obras a su cargo. Esta información, entre otras aplicaciones, es utilizada para correlacionar sus variaciones con los resultados de los conteos vehiculares que se efectúan en la red de carreteras para hacerlos representativos para todo el año.

Para obtener la tasa de crecimiento del presente proyecto se revisaron los datos históricos de incremento del tráfico en la zona de influencia del proyecto, tomando como reseña los datos históricos del libro de Datos Viales editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de los años 2014 al 2020. Para el caso del presente proyecto se toman en cuenta las lecturas sobre la Carretera México- Toluca en el punto Izq. San Mateo Atenco (Baja), debido a la cercanía del tramo en estudio, ya que no existe un registro de los datos Viales sobre Av. las Partidas.



## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

La metodología utilizada para calcular la tasa de crecimiento anual es la siguiente:

$$TMACP = \left[ \left( \frac{N_f}{N_i} \right)^{\left( \frac{1}{t} \right)} \right] - 1$$

Dónde:

TMACP: tasa media anual de crecimiento poblacional.<sup>5</sup>

N<sub>i</sub>: población en el momento inicial del periodo

N<sub>f</sub>: población al final del período.

t : tiempo transcurrido entre i y f.

Aunado a lo anterior se obtienen siguientes tasas de crecimiento para cada tramo y año.

Tabla 19 Tasa de crecimiento

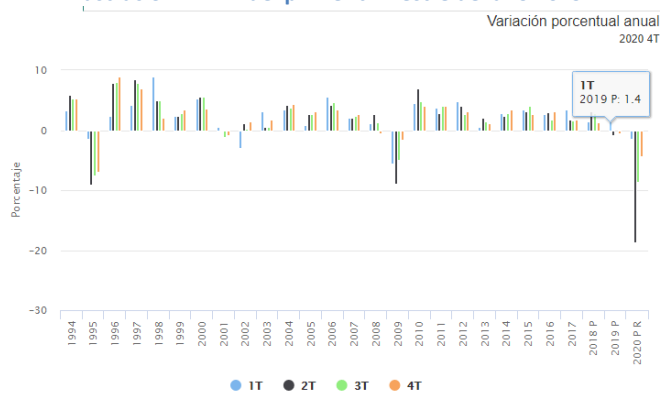
Año	TDPA	Tasa de Crecimiento anual	
2014	13,815.00	2014-2015	14.77%
2015	15,856.00	2015-2016	10.32%
2016	17,492.00	2016-2017	6.40%
2017	18,611.00	2017-2018	10.77%
2018	20,616.00	2018-2019	-16.06%
2019	17,305.00	2019-2020	3.21%
2020	17,860.00	Promedio	4.90%

Fuente: Elaboración propia con datos del libro de datos viales SCT

Como se puede observar la tasa de crecimiento resultante de la evaluación de los datos viales de la SCT es alta por lo que se recurra a utilizar el PIB del primer periodo del año 2019, publicado por el INEGI para no sobrevalorar los beneficios del proyecto.

Por lo tanto, la tasa de crecimiento para la proyección de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación será de 1.4% de acuerdo al PIB.

Ilustración 12 PIB del primer trimestre del año 2019



Fuente: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>

<sup>5</sup>[http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13\\_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf](http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf)

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

A continuación, se presenta el cálculo de la demanda en la situación sin proyecto correspondientes a alta, media y baja congestión a lo largo del horizonte de evaluación

**Tabla 20 Proyección del TDPA**

<b>Alta Congestión</b>						
<b>Proyección del Transito Diario Promedio Anual</b>						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	4,467.00
1.40%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		87.00%	3.00%	10.00%	100.00%	365
0	2021	3,886	134	447	4,467	1,630,455
1	2022	3,941	136	453	4,530	1,653,281
2	2023	3,996	138	459	4,593	1,676,427
3	2024	4,052	140	466	4,657	1,699,897
4	2025	4,109	142	472	4,722	1,723,696
5	2026	4,166	144	479	4,789	1,747,828
6	2027	4,224	146	486	4,856	1,772,297
7	2028	4,284	148	492	4,924	1,797,109
8	2029	4,343	150	499	4,993	1,822,269
9	2030	4,404	152	506	5,062	1,847,781
10	2031	4,466	154	513	5,133	1,873,650
11	2032	4,528	156	521	5,205	1,899,881
12	2033	4,592	158	528	5,278	1,926,479
13	2034	4,656	161	535	5,352	1,953,450
14	2035	4,721	163	543	5,427	1,980,798
15	2036	4,787	165	550	5,503	2,008,529
16	2037	4,854	167	558	5,580	2,036,649
17	2038	4,922	170	566	5,658	2,065,162
18	2039	4,991	172	574	5,737	2,094,074
19	2040	5,061	175	582	5,818	2,123,391
20	2041	5,132	177	590	5,899	2,153,118

<b>Media Congestión</b>						
<b>Proyección del Transito Diario Promedio Anual</b>						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	7,365.00
1.40%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		86.00%	3.00%	11.00%	100.00%	365
0	2021	6,334	221	810	7,365	2,688,225
1	2022	6,423	224	821	7,468	2,725,860
2	2023	6,512	227	833	7,573	2,764,022
3	2024	6,604	230	845	7,679	2,802,719
4	2025	6,696	234	856	7,786	2,841,957
5	2026	6,790	237	868	7,895	2,881,744
6	2027	6,885	240	881	8,006	2,922,088
7	2028	6,981	244	893	8,118	2,962,998

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

8	2029	7,079	247	905	8,231	3,004,480
9	2030	7,178	250	918	8,347	3,046,542
10	2031	7,279	254	931	8,464	3,089,194
11	2032	7,381	257	944	8,582	3,132,443
12	2033	7,484	261	957	8,702	3,176,297
13	2034	7,589	265	971	8,824	3,220,765
14	2035	7,695	268	984	8,948	3,265,856
15	2036	7,803	272	998	9,073	3,311,578
16	2037	7,912	276	1,012	9,200	3,357,940
17	2038	8,023	280	1,026	9,329	3,404,951
18	2039	8,135	284	1,041	9,459	3,452,620
19	2040	8,249	288	1,055	9,592	3,500,957
20	2041	8,364	292	1,070	9,726	3,549,970

### Baja Congestión

#### Proyección del Tránsito Diario Promedio Anual

Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	1,266.00
1.40%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		79.00%	4.00%	17.00%	100.00%	365
0	2021	1,000	51	215	1,266	462,090
1	2022	1,014	51	218	1,284	468,559
2	2023	1,028	52	221	1,302	475,119
3	2024	1,043	53	224	1,320	481,771
4	2025	1,057	54	228	1,338	488,516
5	2026	1,072	54	231	1,357	495,355
6	2027	1,087	55	234	1,376	502,290
7	2028	1,102	56	237	1,395	509,322
8	2029	1,118	57	241	1,415	516,452
9	2030	1,133	57	244	1,435	523,683
10	2031	1,149	58	247	1,455	531,014
11	2032	1,165	59	251	1,475	538,448
12	2033	1,182	60	254	1,496	545,987
13	2034	1,198	61	258	1,517	553,630
14	2035	1,215	62	261	1,538	561,381
15	2036	1,232	62	265	1,560	569,241
16	2037	1,249	63	269	1,581	577,210
17	2038	1,267	64	273	1,604	585,291
18	2039	1,285	65	276	1,626	593,485
19	2040	1,303	66	280	1,649	601,794
20	2041	1,321	67	284	1,672	610,219

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## **e) Diagnóstico de la Interacción Oferta- Demanda**

Al efectuar las medidas de optimización correspondientes a Av. las Partidas se contará con una carpeta asfáltica en condiciones regulares y un IRI de 5 mm/m, lo que nos indica que hay una mejora mínima en cuanto a la situación de operación de las vialidades, sin embargo, se seguirán presentando altos costos generalizados de viaje y, por lo tanto, bajas velocidades de recorrido y altos tiempos de traslado de los usuarios al no aumentar la oferta de las propiedades geométricas de la Avenida.

La relación que tiene la oferta y la demanda es el costo en el que incurren los vehículos al circular por las calles. Al ser estimados se toman en cuenta diferentes características del camino y vehículo como: costos de operación, mantenimiento del vehículo, costo del tiempo de las personas que transitan, costos de los hidrocarburos, costos del mantenimiento vehicular, valor del tiempo de los usuarios, valor del tiempo de los choferes de las unidades, condiciones físicas de la carretera, altitud de promedio de la carretera, entre otros.

Así entonces, el CGV es el costo en el que incurre el usuario de un camino, por trasladarse entre un cierto origen y un destino en donde influyen tanto los costos de operación vehicular (COV) (combustible, lubricantes, neumáticos, refacciones, etc.), como los costos del tiempo del recorrido (CTR). La sumatoria de estos dos elementos dan como resultado los Costos Generalizados de Viaje por tipo de vehículo.

- **Velocidad y Tiempo de Recorrido**

Se considera un aumento de velocidades mínimo a lo largo de Av. las partidas aun cuando la carpeta asfáltica presente buen estado sin baches e irregularidades. Sin embargo, la oferta geométrica de la sección no sufrirá cambios por lo que se tendrá congestión en las horas pico generando todavía altos tiempos de traslado para los usuarios que se trasladan por medio de esta vialidad. Por esta razón, el incremento de la velocidad representa poco crecimiento.

En la siguiente tabla se muestran las velocidades y tiempos de recorrido tomando en cuenta las medidas de optimización.

**Tabla 21 Velocidades en situación sin proyecto de Av. las Partidas**

<b>Alta Congestión</b>			
<b>Situación Sin Proyecto</b>			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	30.00	25.00	20.00
Vel. Prom (km/hr)	25		
Tiempo de recorrido	00:06:24	00:07:41	00:09:36

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Media Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	38.00	30.00	25.00
Tiempo de recorrido	00:05:03	00:06:24	00:07:41

Baja Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	45.00	33.00	30.00
Vel. Prom (km/hr)	36		
Tiempo de recorrido	00:04:16	00:05:49	00:06:24

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021.

- **Costos de Operación Vehicular**

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso del modelo computacional VOC-MEX, el cual arroja los resultados base por cada 1,000 vehículos-kilómetro. Los insumos básicos que se ingresaron para las corridas del VOC-MEX son los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 590 2020, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

En la siguiente tabla se muestran los resultados arrojados por el programa VOC-MEX, para el caso de cada tipo de vehículo del presente proyecto:

Tabla 22 Costos de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo

Alta Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 8,175.11	\$ 20,702.83	\$ 15,958.30
COV (\$/km)/vehículo	\$ 8.18	\$ 20.70	\$ 15.96

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Media Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 7,355.42	\$ 19,305.91	\$ 14,227.90
COV (\$/km)/vehículo	\$ 7.36	\$ 19.31	\$ 14.23
Tiempo de recorrido	00:05:03	00:06:24	00:07:41

Baja Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 6,903.55	\$ 18,699.46	\$ 13,137.10
COV (\$/km)/vehículo	\$ 6.90	\$ 18.70	\$ 13.14

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

Para obtención de los COV del presente proyecto se hizo uso del modelo computacional VOC-MEX, el cual arroja los resultados base por cada 1,000 vehículos-kilómetro. Los insumos básicos que se ingresaron para las corridas del VOC-MEX son los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 590 2020 (Anexo VI), así como las características técnicas de los vehículos que operan en México y las velocidades registradas por el departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México. Los resultados obtenidos del software se presentan en el Anexo VII.

#### • Costo del Tiempo de Recorrido (CRT)

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios.

Con la publicación de los resultados del Censo 2010, se realizó una actualización de los factores de ingresos y horas trabajadas aplicando la metodología propuesta por Torres (2012), cuyas expresiones básicas y valores se muestran a continuación.

$$SHP = \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$
$$VT_{pp} = 0.3 * 2 * \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Dónde:

SHP= Valor tiempo por motivo de trabajo

VTpp= Valor del tiempo por motivo de placer

SMGP = salario mínimo por hora (en pesos)

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

HTPcenso2010 = promedio de las horas trabajadas por semana = 41.444

FIP censo2010 = factor de ingreso promedio de la población (en SMGP) = 3.367

H = ingreso horario familiar = 2\*FIP\*SMH

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido con optimizaciones

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	141.7
Valor tiempo por motivo de trabajo	<b>80.58</b>
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	<b>48.35</b>
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	20.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	15.00

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2020, NOTAS núm. 182, ENERO-FEBRERO 2020, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

A continuación, se presentan los resultados de los CGV's correspondientes a la situación sin proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 24 Costos representativos de la Situación sin proyecto

Alta congestión								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			1.40%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021							
1	2022	\$8.18	\$20.70	\$15.96	\$37,627,886.07	\$3,285,849.58	\$8,442,736.58	\$49,356,472.23
2	2023	\$8.29	\$20.99	\$16.18	\$38,688,841.94	\$3,378,497.40	\$8,680,787.98	\$50,748,127.33
3	2024	\$8.41	\$21.29	\$16.41	\$39,779,712.53	\$3,473,757.51	\$8,925,551.48	\$52,179,021.52
4	2025	\$8.52	\$21.58	\$16.64	\$40,901,341.31	\$3,571,703.58	\$9,177,216.33	\$53,650,261.22
5	2026	\$8.64	\$21.89	\$16.87	\$42,054,595.52	\$3,672,411.33	\$9,435,977.12	\$55,162,983.98
6	2027	\$8.76	\$22.19	\$17.11	\$43,240,366.90	\$3,775,958.64	\$9,702,033.93	\$56,718,359.48
7	2028	\$8.89	\$22.50	\$17.35	\$44,459,572.29	\$3,882,425.57	\$9,975,592.48	\$58,317,590.34
8	2029	\$9.01	\$22.82	\$17.59	\$45,713,154.39	\$3,991,894.44	\$10,256,864.29	\$59,961,913.12
9	2030	\$9.14	\$23.14	\$17.84	\$47,002,082.49	\$4,104,449.90	\$10,546,066.83	\$61,652,599.22
10	2031	\$9.26	\$23.46	\$18.09	\$48,327,353.20	\$4,220,178.97	\$10,843,423.73	\$63,390,955.91

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

11	2032	\$9.39	\$23.79	\$18.34	\$49,689,991.26	\$4,339,171.14	\$11,149,164.91	\$65,178,327.30
12	2033	\$9.53	\$24.12	\$18.60	\$51,091,050.25	\$4,461,518.40	\$11,463,526.76	\$67,016,095.42
13	2034	\$9.66	\$24.46	\$18.86	\$52,531,613.50	\$4,587,315.38	\$11,786,752.36	\$68,905,681.24
14	2035	\$9.79	\$24.80	\$19.12	\$54,012,794.88	\$4,716,659.32	\$12,119,091.63	\$70,848,545.83
15	2036	\$9.93	\$25.15	\$19.39	\$55,535,739.64	\$4,849,650.25	\$12,460,801.54	\$72,846,191.43
16	2037	\$10.07	\$25.50	\$19.66	\$57,101,625.36	\$4,986,390.99	\$12,812,146.30	\$74,900,162.64
17	2038	\$10.21	\$25.86	\$19.93	\$58,711,662.78	\$5,126,987.27	\$13,173,397.58	\$77,012,047.63
18	2039	\$10.35	\$26.22	\$20.21	\$60,367,096.83	\$5,271,547.80	\$13,544,834.70	\$79,183,479.32
19	2040	\$10.50	\$26.59	\$20.50	\$62,069,207.49	\$5,420,184.36	\$13,926,744.86	\$81,416,136.71
20	2041	\$10.65	\$26.96	\$20.78	\$63,819,310.86	\$5,573,011.88	\$14,319,423.35	\$83,711,746.10

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
Año	A	B	C	Valor Tiempo				
	A	B	C	A	B	C		
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	30.00	25.00	20.00	\$21,759,893.11	\$10,354,707.75	\$7,935,750.58	\$40,050,351.44
2	2023	29.58	24.65	19.72	\$22,377,821.10	\$10,648,756.25	\$8,161,106.58	\$41,187,683.93
3	2024	29.17	24.30	19.44	\$23,013,296.75	\$10,951,155.01	\$8,392,862.14	\$42,357,313.90
4	2025	28.76	23.96	19.17	\$23,666,818.37	\$11,262,141.15	\$8,631,198.99	\$43,560,158.51
5	2026	28.35	23.63	18.90	\$24,338,898.40	\$11,581,958.55	\$8,876,304.04	\$44,797,160.99
6	2027	27.96	23.30	18.64	\$25,030,063.87	\$11,910,857.98	\$9,128,369.47	\$46,069,291.32
7	2028	27.57	22.97	18.38	\$25,740,856.76	\$12,249,097.36	\$9,387,592.94	\$47,377,547.06
8	2029	27.18	22.65	18.12	\$26,471,834.44	\$12,596,941.91	\$9,654,177.73	\$48,722,954.07
9	2030	26.80	22.33	17.87	\$27,223,570.10	\$12,954,664.39	\$9,928,332.88	\$50,106,567.37
10	2031	26.42	22.02	17.62	\$27,996,653.23	\$13,322,545.33	\$10,210,273.36	\$51,529,471.92
11	2032	26.05	21.71	17.37	\$28,791,690.03	\$13,700,873.19	\$10,500,220.28	\$52,992,783.50
12	2033	25.69	21.41	17.13	\$29,609,303.95	\$14,089,944.64	\$10,798,400.97	\$54,497,649.56
13	2034	25.33	21.11	16.89	\$30,450,136.11	\$14,490,064.77	\$11,105,049.28	\$56,045,250.16
14	2035	24.98	20.81	16.65	\$31,314,845.86	\$14,901,547.34	\$11,420,405.65	\$57,636,798.84
15	2036	24.63	20.52	16.42	\$32,204,111.26	\$15,324,715.01	\$11,744,717.37	\$59,273,543.64
16	2037	24.28	20.23	16.19	\$33,118,629.63	\$15,759,899.62	\$12,078,238.75	\$60,956,768.00
17	2038	23.94	19.95	15.96	\$34,059,118.10	\$16,207,442.41	\$12,421,231.33	\$62,687,791.84
18	2039	23.61	19.67	15.74	\$35,026,314.15	\$16,667,694.32	\$12,773,964.07	\$64,467,972.54
19	2040	23.28	19.40	15.52	\$36,020,976.22	\$17,141,016.27	\$13,136,713.56	\$66,298,706.04
20	2041	22.95	19.12	15.30	\$37,043,884.26	\$17,627,779.41	\$13,509,764.25	\$68,181,427.92

CGV'S Anuales (\$)					
Año	A	B	C	Total	
0	2021	-	-	-	
1	2022	\$59,387,779.17	\$13,640,557.34	\$16,378,487.16	\$89,406,823.67
2	2023	\$61,066,663.05	\$14,027,253.65	\$16,841,894.56	\$91,935,811.26
3	2024	\$62,793,009.29	\$14,424,912.52	\$17,318,413.62	\$94,536,335.42
4	2025	\$64,568,159.67	\$14,833,844.73	\$17,808,415.32	\$97,210,419.73
5	2026	\$66,393,493.93	\$15,254,369.88	\$18,312,281.16	\$99,960,144.97
6	2027	\$68,270,430.77	\$15,686,816.62	\$18,830,403.40	\$102,787,650.80
7	2028	\$70,200,429.05	\$16,131,522.93	\$19,363,185.42	\$105,695,137.40



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

8	2029	\$72,184,988.82	\$16,588,836.35	\$19,911,042.02	\$108,684,867.19
9	2030	\$74,225,652.59	\$17,059,114.29	\$20,474,399.71	\$111,759,166.59
10	2031	\$76,324,006.43	\$17,542,724.30	\$21,053,697.10	\$114,920,427.83
11	2032	\$78,481,681.29	\$18,040,044.32	\$21,649,385.18	\$118,171,110.80
12	2033	\$80,700,354.20	\$18,551,463.04	\$22,261,927.74	\$121,513,744.98
13	2034	\$82,981,749.61	\$19,077,380.15	\$22,891,801.64	\$124,950,931.40
14	2035	\$85,327,640.73	\$19,618,206.66	\$23,539,497.28	\$128,485,344.67
15	2036	\$87,739,850.90	\$20,174,365.26	\$24,205,518.91	\$132,119,735.07
16	2037	\$90,220,254.99	\$20,746,290.60	\$24,890,385.05	\$135,856,930.64
17	2038	\$92,770,780.88	\$21,334,429.67	\$25,594,628.91	\$139,699,839.47
18	2039	\$95,393,410.98	\$21,939,242.12	\$26,318,798.77	\$143,651,451.86
19	2040	\$98,090,183.70	\$22,561,200.63	\$27,063,458.41	\$147,714,842.75
20	2041	\$100,863,195.13	\$23,200,791.29	\$27,829,187.60	\$151,893,174.01

Media Congestión								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)			Situación Sin Proyecto			TC		
Costo de Operación (\$/veh/km)			Costo de Operación (\$)			1.40%		
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	\$7.36	\$19.31	\$14.23	\$55,177,154.42	\$5,052,018.92	\$13,651,705.66	\$73,880,879.00
2	2023	\$7.46	\$19.58	\$14.43	\$56,732,929.46	\$5,194,465.65	\$14,036,629.16	\$75,964,024.26
3	2024	\$7.56	\$19.85	\$14.63	\$58,332,571.14	\$5,340,928.80	\$14,432,405.95	\$78,105,905.89
4	2025	\$7.67	\$20.13	\$14.83	\$59,977,316.32	\$5,491,521.63	\$14,839,342.07	\$80,308,180.01
5	2026	\$7.78	\$20.41	\$15.04	\$61,668,436.73	\$5,646,360.57	\$15,257,752.16	\$82,572,549.46
6	2027	\$7.88	\$20.70	\$15.25	\$63,407,239.97	\$5,805,565.36	\$15,687,959.74	\$84,900,765.06
7	2028	\$8.00	\$20.99	\$15.47	\$65,195,070.51	\$5,969,259.08	\$16,130,297.45	\$87,294,627.03
8	2029	\$8.11	\$21.28	\$15.68	\$67,033,310.72	\$6,137,568.31	\$16,585,107.32	\$89,755,986.34
9	2030	\$8.22	\$21.58	\$15.90	\$68,923,381.94	\$6,310,623.18	\$17,052,741.00	\$92,286,746.13
10	2031	\$8.34	\$21.88	\$16.12	\$70,866,745.62	\$6,488,557.51	\$17,533,560.09	\$94,888,863.22
11	2032	\$8.45	\$22.19	\$16.35	\$72,864,904.38	\$6,671,508.88	\$18,027,936.35	\$97,564,349.61
12	2033	\$8.57	\$22.50	\$16.58	\$74,919,403.22	\$6,859,618.74	\$18,536,252.04	\$100,315,274.01
13	2034	\$8.69	\$22.81	\$16.81	\$77,031,830.72	\$7,053,032.55	\$19,058,900.21	\$103,143,763.48
14	2035	\$8.81	\$23.13	\$17.05	\$79,203,820.22	\$7,251,899.86	\$19,596,284.96	\$106,052,005.03
15	2036	\$8.94	\$23.45	\$17.29	\$81,437,051.13	\$7,456,374.43	\$20,148,821.81	\$109,042,247.37
16	2037	\$9.06	\$23.78	\$17.53	\$83,733,250.23	\$7,666,614.36	\$20,716,937.99	\$112,116,802.57
17	2038	\$9.19	\$24.12	\$17.77	\$86,094,192.95	\$7,882,782.22	\$21,301,072.77	\$115,278,047.94
18	2039	\$9.32	\$24.45	\$18.02	\$88,521,704.81	\$8,105,045.15	\$21,901,677.82	\$118,528,427.78
19	2040	\$9.45	\$24.80	\$18.27	\$91,017,662.80	\$8,333,575.00	\$22,519,217.53	\$121,870,455.33
20	2041	\$9.58	\$25.14	\$18.53	\$93,583,996.82	\$8,568,548.48	\$23,154,169.38	\$125,306,714.69

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021				-	-	-	-
1	2022	38.00	30.00	25.00	\$27,998,219.44	\$14,227,002.20	\$11,514,033.27	\$53,739,254.91
2	2023	37.47	29.58	24.65	\$28,793,300.72	\$14,631,014.44	\$11,841,003.79	\$55,265,318.95
3	2024	36.94	29.17	24.30	\$29,610,960.37	\$15,046,499.63	\$12,177,259.48	\$56,834,719.49
4	2025	36.43	28.76	23.96	\$30,451,839.57	\$15,473,783.60	\$12,523,064.01	\$58,448,687.18
5	2026	35.92	28.35	23.63	\$31,316,597.70	\$15,913,201.39	\$12,878,688.54	\$60,108,487.63
6	2027	35.41	27.96	23.30	\$32,205,912.84	\$16,365,097.57	\$13,244,411.95	\$61,815,422.37
7	2028	34.92	27.57	22.97	\$33,120,482.38	\$16,829,826.51	\$13,620,521.01	\$63,570,829.90
8	2029	34.43	27.18	22.65	\$34,061,023.46	\$17,307,752.62	\$14,007,310.65	\$65,376,086.73
9	2030	33.95	26.80	22.33	\$35,028,273.62	\$17,799,250.66	\$14,405,084.18	\$67,232,608.46
10	2031	33.47	26.42	22.02	\$36,022,991.33	\$18,304,706.06	\$14,814,153.51	\$69,141,850.89
11	2032	33.00	26.05	21.71	\$37,045,956.60	\$18,824,515.15	\$15,234,839.41	\$71,105,311.16
12	2033	32.54	25.69	21.41	\$38,097,971.59	\$19,359,085.56	\$15,667,471.77	\$73,124,528.92
13	2034	32.09	25.33	21.11	\$39,179,861.25	\$19,908,836.47	\$16,112,389.83	\$75,201,087.55
14	2035	31.64	24.98	20.81	\$40,292,473.94	\$20,474,198.97	\$16,569,942.48	\$77,336,615.40
15	2036	31.19	24.63	20.52	\$41,436,682.13	\$21,055,616.38	\$17,040,488.52	\$79,532,787.03
16	2037	30.76	24.28	20.23	\$42,613,383.04	\$21,653,544.64	\$17,524,396.91	\$81,791,324.59
17	2038	30.33	23.94	19.95	\$43,823,499.40	\$22,268,452.60	\$18,022,047.13	\$84,113,999.12
18	2039	29.90	23.61	19.67	\$45,067,980.11	\$22,900,822.45	\$18,533,829.40	\$86,502,631.96
19	2040	29.48	23.28	19.40	\$46,347,801.05	\$23,551,150.07	\$19,060,145.04	\$88,959,096.15
20	2041	29.07	22.95	19.12	\$47,663,965.78	\$24,219,945.40	\$19,601,406.77	\$91,485,317.95

CGV'S Anuales (\$)					
Año	A	B	C	Total	
0	2021	-	-	-	-
1	2022	\$83,175,373.85	\$19,279,021.12	\$25,165,738.94	\$127,620,133.91
2	2023	\$85,526,230.18	\$19,825,480.08	\$25,877,632.95	\$131,229,343.21
3	2024	\$87,943,531.51	\$20,387,428.43	\$26,609,665.43	\$134,940,625.38
4	2025	\$90,429,155.89	\$20,965,305.23	\$27,362,406.08	\$138,756,867.19
5	2026	\$92,985,034.42	\$21,559,561.96	\$28,136,440.70	\$142,681,037.08
6	2027	\$95,613,152.81	\$22,170,662.93	\$28,932,371.69	\$146,716,187.43
7	2028	\$98,315,552.88	\$22,799,085.59	\$29,750,818.46	\$150,865,456.93
8	2029	\$101,094,334.17	\$23,445,320.92	\$30,592,417.97	\$155,132,073.07
9	2030	\$103,951,655.56	\$24,109,873.84	\$31,457,825.19	\$159,519,354.59
10	2031	\$106,889,736.95	\$24,793,263.57	\$32,347,713.60	\$164,030,714.12
11	2032	\$109,910,860.98	\$25,496,024.03	\$33,262,775.76	\$168,669,660.77
12	2033	\$113,017,374.82	\$26,218,704.31	\$34,203,723.81	\$173,439,802.94
13	2034	\$116,211,691.97	\$26,961,869.03	\$35,171,290.04	\$178,344,851.03
14	2035	\$119,496,294.16	\$27,726,098.83	\$36,166,227.44	\$183,388,620.43
15	2036	\$122,873,733.26	\$28,511,990.81	\$37,189,310.32	\$188,575,034.40
16	2037	\$126,346,633.27	\$29,320,159.00	\$38,241,334.90	\$193,908,127.17
17	2038	\$129,917,692.34	\$30,151,234.82	\$39,323,119.90	\$199,392,047.06

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

18	2039	\$133,589,684.92	\$31,005,867.60	\$40,435,507.22	\$205,031,059.74
19	2040	\$137,365,463.85	\$31,884,725.07	\$41,579,362.57	\$210,829,551.48
20	2041	\$141,247,962.60	\$32,788,493.88	\$42,755,576.15	\$216,792,032.64

#### Baja Congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			1.40%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	\$6.90	\$18.70	\$13.14	\$8,177,374.37	\$1,121,510.76	\$3,348,598.38	\$12,647,483.51
2	2023	\$7.00	\$18.96	\$13.32	\$8,407,943.62	\$1,153,132.88	\$3,443,015.46	\$13,004,091.95
3	2024	\$7.10	\$19.23	\$13.51	\$8,645,013.99	\$1,185,646.61	\$3,540,094.72	\$13,370,755.33
4	2025	\$7.20	\$19.50	\$13.70	\$8,888,768.81	\$1,219,077.10	\$3,639,911.24	\$13,747,757.15
5	2026	\$7.30	\$19.77	\$13.89	\$9,139,396.53	\$1,253,450.20	\$3,742,542.17	\$14,135,388.91
6	2027	\$7.40	\$20.05	\$14.08	\$9,397,090.96	\$1,288,792.48	\$3,848,066.89	\$14,533,950.33
7	2028	\$7.50	\$20.33	\$14.28	\$9,662,051.34	\$1,325,131.27	\$3,956,566.99	\$14,943,749.60
8	2029	\$7.61	\$20.61	\$14.48	\$9,934,482.54	\$1,362,494.68	\$4,068,126.35	\$15,365,103.56
9	2030	\$7.72	\$20.90	\$14.68	\$10,214,595.20	\$1,400,911.58	\$4,182,831.24	\$15,798,338.02
10	2031	\$7.82	\$21.19	\$14.89	\$10,502,605.93	\$1,440,411.68	\$4,300,770.35	\$16,243,787.96
11	2032	\$7.93	\$21.49	\$15.10	\$10,798,737.41	\$1,481,025.53	\$4,422,034.87	\$16,701,797.80
12	2033	\$8.04	\$21.79	\$15.31	\$11,103,218.61	\$1,522,784.52	\$4,546,718.56	\$17,172,721.69
13	2034	\$8.16	\$22.09	\$15.52	\$11,416,284.96	\$1,565,720.95	\$4,674,917.84	\$17,656,923.76
14	2035	\$8.27	\$22.40	\$15.74	\$11,738,178.53	\$1,609,868.02	\$4,806,731.82	\$18,154,778.38
15	2036	\$8.39	\$22.72	\$15.96	\$12,069,148.21	\$1,655,259.86	\$4,942,262.43	\$18,666,670.51
16	2037	\$8.50	\$23.04	\$16.18	\$12,409,449.92	\$1,701,931.57	\$5,081,614.47	\$19,192,995.95
17	2038	\$8.62	\$23.36	\$16.41	\$12,759,346.77	\$1,749,919.23	\$5,224,895.67	\$19,734,161.66
18	2039	\$8.74	\$23.69	\$16.64	\$13,119,109.31	\$1,799,259.95	\$5,372,216.83	\$20,290,586.09
19	2040	\$8.87	\$24.02	\$16.87	\$13,489,015.71	\$1,849,991.89	\$5,523,691.85	\$20,862,699.45
20	2041	\$8.99	\$24.35	\$17.11	\$13,869,352.00	\$1,902,154.26	\$5,679,437.87	\$21,450,944.13

#### Valor Tiempo

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	45.00	33.00	30.00	\$3,733,284.53	\$2,964,288.06	\$2,548,962.37	\$9,246,534.96
2	2023	44.37	32.54	29.58	\$3,839,300.72	\$3,048,466.63	\$2,621,346.70	\$9,509,114.05
3	2024	43.75	32.08	29.17	\$3,948,327.52	\$3,135,035.66	\$2,695,786.57	\$9,779,149.74
4	2025	43.14	31.63	28.76	\$4,060,450.41	\$3,224,063.04	\$2,772,340.34	\$10,056,853.79
5	2026	42.53	31.19	28.35	\$4,175,757.32	\$3,315,618.58	\$2,851,068.06	\$10,342,443.96
6	2027	41.94	30.75	27.96	\$4,294,338.66	\$3,409,774.08	\$2,932,031.45	\$10,636,144.19
7	2028	41.35	30.32	27.57	\$4,416,287.42	\$3,506,603.36	\$3,015,294.01	\$10,938,184.80
8	2029	40.77	29.90	27.18	\$4,541,699.24	\$3,606,182.36	\$3,100,921.02	\$11,248,802.62
9	2030	40.20	29.48	26.80	\$4,670,672.44	\$3,708,589.16	\$3,188,979.63	\$11,568,241.24

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

10	2031	39.64	29.07	26.42	\$4,803,308.17	\$3,813,904.07	\$3,279,538.89	\$11,896,751.13
11	2032	39.08	28.66	26.05	\$4,939,710.43	\$3,922,209.66	\$3,372,669.81	\$12,234,589.90
12	2033	38.54	28.26	25.69	\$5,079,986.18	\$4,033,590.87	\$3,468,445.43	\$12,582,022.48
13	2034	38.00	27.86	25.33	\$5,224,245.43	\$4,148,135.03	\$3,566,940.83	\$12,939,321.29
14	2035	37.46	27.47	24.98	\$5,372,601.28	\$4,265,931.97	\$3,668,233.27	\$13,306,766.52
15	2036	36.94	27.09	24.63	\$5,525,170.08	\$4,387,074.06	\$3,772,402.17	\$13,684,646.30
16	2037	36.42	26.71	24.28	\$5,682,071.46	\$4,511,656.28	\$3,879,529.21	\$14,073,256.95
17	2038	35.91	26.34	23.94	\$5,843,428.46	\$4,639,776.34	\$3,989,698.39	\$14,472,903.19
18	2039	35.41	25.97	23.61	\$6,009,367.60	\$4,771,534.69	\$4,102,996.12	\$14,883,898.41
19	2040	34.91	25.60	23.28	\$6,180,019.02	\$4,907,034.66	\$4,219,511.22	\$15,306,564.90
20	2041	34.42	25.24	22.95	\$6,355,516.51	\$5,046,382.50	\$4,339,335.07	\$15,741,234.08

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	-	-	-	-
1	2022	\$11,910,658.90	\$4,085,798.82	\$5,897,560.75	\$21,894,018.47
2	2023	\$12,247,244.34	\$4,201,599.50	\$6,064,362.16	\$22,513,206.00
3	2024	\$12,593,341.51	\$4,320,682.27	\$6,235,881.29	\$23,149,905.07
4	2025	\$12,949,219.22	\$4,443,140.14	\$6,412,251.58	\$23,804,610.94
5	2026	\$13,315,153.85	\$4,569,068.78	\$6,593,610.23	\$24,477,832.87
6	2027	\$13,691,429.62	\$4,698,566.56	\$6,780,098.35	\$25,170,094.53
7	2028	\$14,078,338.76	\$4,831,734.64	\$6,971,861.00	\$25,881,934.39
8	2029	\$14,476,181.77	\$4,968,677.04	\$7,169,047.37	\$26,613,906.18
9	2030	\$14,885,267.65	\$5,109,500.74	\$7,371,810.87	\$27,366,579.26
10	2031	\$15,305,914.10	\$5,254,315.75	\$7,580,309.24	\$28,140,539.09
11	2032	\$15,738,447.84	\$5,403,235.19	\$7,794,704.68	\$28,936,387.71
12	2033	\$16,183,204.79	\$5,556,375.39	\$8,015,163.99	\$29,754,744.17
13	2034	\$16,640,530.39	\$5,713,855.99	\$8,241,858.67	\$30,596,245.05
14	2035	\$17,110,779.81	\$5,875,799.99	\$8,474,965.09	\$31,461,544.90
15	2036	\$17,594,318.29	\$6,042,333.92	\$8,714,664.60	\$32,351,316.81
16	2037	\$18,091,521.38	\$6,213,587.85	\$8,961,143.67	\$33,266,252.90
17	2038	\$18,602,775.22	\$6,389,695.57	\$9,214,594.06	\$34,207,064.85
18	2039	\$19,128,476.91	\$6,570,794.64	\$9,475,212.94	\$35,174,484.50
19	2040	\$19,669,034.73	\$6,757,026.55	\$9,743,203.07	\$36,169,264.35
20	2041	\$20,224,868.51	\$6,948,536.76	\$10,018,772.93	\$37,192,178.21

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## **f) Alternativas de Solución**

La selección de alternativas del presente proyecto es parte del proceso de decisión, normalmente es necesaria la evaluación comparativa de los costos y beneficios de las propuestas mutuamente excluyentes.

Para el caso del presente proyecto se considerará como Alternativa A la modernización de la avenida con carpeta asfáltica y como alternativa B la modernización con concreto Hidráulico.

Cabe mencionar que para la evaluación se consideró una tasa social de descuento de 10% conforme a lo señalado por la Unidad de Inversiones en su oficio circular número 400.1.410.14.009 de fecha 13 de enero de 2014.<sup>6</sup>

A continuación, se lleva a cabo el análisis de cada alternativa a partir del Costo Anual Equivalente, ya que tienen diferentes vidas útiles.

### **Alternativa A / Aceptada**

La alternativa A consiste en la pavimentación de la avenida con carpeta asfáltica de 14 cm de espesor a lo largo de 3.20 km. Además, se plantea aumentar un carril de circulación por sentido, pasando de 1 a 2 carriles para mejorar la circulación de los usuarios que transitan frecuentemente por la vialidad a partir de dos calzadas de 9 metros cada una separada por un camellón central de ancho variable y acotamientos exteriores e interiores. De esta manera se prevé erradicar el mal estado de la carpeta asfáltica actual y nivel de congestionamiento en las horas pico. Contará con señalamiento y dispositivos de seguridad, obras de drenaje y jardinería en buen estado.

#### **Ventajas:**

- \*Menor costo de inversión debido a los materiales que se utilizarán.
- \*Los pavimentos de asfalto son rápidos para construir. Debido a que el asfalto efectivamente no necesita tiempo de "curación", los conductores pueden utilizar las carreteras tan pronto como el último rodillo abandona la zona de construcción. Esto significa menos retrasos y carreteras más seguras para los viajeros.
- \*Menores costos por molestias.

#### **Desventajas:**

- \*Menor tiempo de vida útil
- \*Su costo de mantenimiento es mayor debido a que es más propenso a presentar baches y deformaciones a corto plazo

---

<sup>6</sup> Publicado en el DOF el 15 de mayo de 2014

**Periodo de Vida útil:**

\*20 años, siempre y cuando se cumpla con el programa de mantenimiento adecuado, que respete la calendarización del mantenimiento rutinario, periódico y rehabilitación.

**1. Mantenimiento**

A continuación, se describen los trabajos correspondientes a los mantenimientos de la avenida las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200.

- **Conservación Rutinaria (Cada año)**

En este Subprograma se realizan las labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, las zonas laterales, las obras de drenaje y subdrenaje, el cercado, los cortes, terraplenes y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía.<sup>7</sup>

\*Limpieza de la superficie de rodadura: consistente en el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar objetos sólidos, materiales pulverulentos, sustancias líquidas y semilíquidas que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

\*Bacheo aislado: consistente en un conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados.

\*Señalamiento horizontal: que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

- **Conservación Periódica (Cada 3 años)**

Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que en un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio.

\*Bacheo: consistente en un conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados.

\*Renivelaciones: Es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie de una carpeta asfáltica para corregir deformaciones permanentes, tales como roderas, depresiones y corrugaciones, entre otras, con el propósito de restablecer las características geométricas, de drenaje superficial, de seguridad y comodidad de la carretera.

\*Señalamiento horizontal que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o

---

<sup>7</sup> GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

\*Renivelación de los pozos de visita: son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle con la finalidad de permitir el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, por ello es de vital importancia mantenerlos en buen estado.

- **Rehabilitación (Cada 10 años):**

\*Carpeta asfáltica: son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

\*Fresado de la carpeta asfáltica que son el conjunto de actividades que se realizan con una fresadora para eliminar las deformaciones superficiales en carpetas asfálticas o para retirar capas de rodadura deterioradas.

\*Señalamiento horizontal que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

\*Renivelación de los pozos de visita: son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle con la finalidad de permitir el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, por ello es de vital importancia mantenerlos en buen estado.

\*Señalamiento vertical: El señalamiento vertical es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos.

Los periodos de ejecución de dichos mantenimientos se determinaron con base en la Guía De Procedimientos y Técnicas para La Conservación de Carreteras en México 2014 la cual nos dice "Para determinar las acciones de mantenimiento es necesario auscultar la red de carreteras para conocer sus condiciones actuales. Los resultados de la evaluación permiten conocer el estado físico de cada tramo y clasificarlos, determinando sus niveles de atención. Con base en esto, las áreas responsables pueden determinar las acciones de conservación de la red, previa la formulación de los estudios y proyectos ejecutivos correspondientes de cada tramo o subtramo, para asegurar condiciones óptimas de funcionamiento en cuanto a servicio y seguridad para los usuarios,".<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México 2014-SCT

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Los costos de mantenimiento se presentan a continuación de acuerdo a la etapa de operación:

Tabla 25 Mantenimiento de la Alternativa A

Mantenimiento Alternativa A			
Mantenimiento	Periodo	Descripción	Monto S/IVA
Rutinario	1 año	Limpieza de la superficie de rodadura, bacheo aislado, rayas separadoras de carriles, rayas en la orilla del camino, rayas de alto, rayas para cruce de peatones, rayas con espaciado logarítmico, flechas, letras, números y pintura para guarniciones.	\$3,482,500.00
Conservación Periódica	3 años	Bacheo, renivelaciones, riego de sello, rayas separadoras de carriles, rayas en la orilla del camino, rayas de alto, rayas para cruce de peatones, rayas con espaciado logarítmico, flechas, letras, números, pintura para guarniciones y renivelación de pozos de visita.	\$18,433,800.00
Rehabilitación	10 años	Carpeta asfáltica, fresado de carpeta, rayas separadoras de carriles, rayas en la orilla del camino, rayas de alto, rayas para cruce de peatones, rayas con espaciado logarítmico, flechas, letras, números y pintura para guarniciones, señalamiento vertical y renivelación de los pozos de visita	\$23,219,400.00
Reconstrucción	Para efecto de este proyecto no se considerará una reconstrucción como mantenimiento, ya que de ser así, se tendría de nuevo el inicio del presente estudio, siendo que, como mantenimiento mayor se contempla una rehabilitación cada 10 años.		

Fuente: SCT/ Costos Paramétricos SHCP

## 2. Costos por Molestia

Aunado a lo anterior y para no sobre valorar los beneficios del proyecto se considerarán costos por molestias durante la ejecución; los cuales se presentan durante la construcción del proyecto.

Sin embargo, debido a que la metodología del CEPEP 2004 no considera los costos por molestias se tomara como referencia exclusiva la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras para los costos por molestia.

Los costos por molestias son resultado del incremento temporal del CGV provocado por la congestión existente durante la construcción del proyecto. De acuerdo a la Metodología



## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

para la Evaluación de Proyectos de Carreteras los costos por molestia se calculan de la siguiente manera:<sup>9</sup>

$$\text{Costos por Molestias} = CGV_c - CGV_0$$

Dónde:

CGV<sub>c</sub> es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

CGV<sub>0</sub> es el costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto

La ejecución de estos trabajos consistirá en 5 meses, por lo tanto, los costos por molestia de la Alternativa A son:

Tabla 26 Costos por molestia de la Alternativa A

Alternativa	Tiempo de ejecución (Meses)	Costo por Molestia mensual	Costo por Molestia Total
Alternativa A	5	-3,274,546.00	-39,294,552.00

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

### 3. CAE

Se prosiguió a realizar el análisis del Costo Anual Equivalente (CAE) de la propuesta A, el cual se presenta a continuación:

Tabla 27 Costo Anual Equivalente de la Alternativa A

Alternativa A						
Inversión C/IVA		Inversión S/IVA		Tasa de descuento	Vida útil (Años)	
\$ 158,970,000.00		\$137,043,103.45		10.00%	20	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
0	\$137,043,103.45	\$ -	\$ 16,372,730.00	\$ 153,415,833.45	\$ 153,415,833.45	\$ 18,020,166.23
1		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 3,165,909.09	\$ 371,866.49
2		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 2,878,099.17	\$ 338,060.45
3		\$ 18,433,800.00		\$ 18,433,800.00	\$ 13,849,586.78	\$ 1,626,767.27
4		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 2,378,594.36	\$ 279,388.80
5		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 2,162,358.51	\$ 253,989.82
6		\$ 18,433,800.00		\$ 18,433,800.00	\$ 10,405,399.53	\$ 1,222,214.32
7		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 1,787,073.15	\$ 209,908.94
8		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 1,624,611.95	\$ 190,826.31
9		\$ 18,433,800.00		\$ 18,433,800.00	\$ 7,817,730.68	\$ 918,267.71
10		\$ 23,219,400.00		\$ 23,219,400.00	\$ 8,952,083.85	\$ 1,051,508.41
11		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 1,220,595.00	\$ 143,370.63
12		\$ 18,433,800.00		\$ 18,433,800.00	\$ 5,873,576.77	\$ 689,908.12
13		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 1,008,756.20	\$ 118,488.13
14		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 917,051.09	\$ 107,716.48
15		\$ 18,433,800.00		\$ 18,433,800.00	\$ 4,412,905.16	\$ 518,338.18

<sup>9</sup> Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met\\_Carreteras\\_Parte2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met_Carreteras_Parte2.pdf)

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

#### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

16		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 757,893.47	\$ 89,021.88
17		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 688,994.06	\$ 80,928.98
18		\$ 18,433,800.00		\$ 18,433,800.00	\$ 3,315,480.96	\$ 389,435.15
19		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 569,416.58	\$ 66,883.46
20		\$ 3,482,500.00		\$ 3,482,500.00	\$ 517,651.43	\$ 60,803.14
<b>Total</b>		<b>\$ 179,094,700.00</b>	<b>\$ 16,372,730.00</b>	<b>\$ 332,510,533.45</b>	<b>\$ 227,719,601.25</b>	<b>\$ 26,747,858.92</b>

*Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021*

### **Alternativa B / Rechazada**

La alternativa B consiste en la construcción de losas de concreto hidráulico con un espesor de 28 cm a lo largo de 3.20 km. Se colocará en dos calzadas de 9 m de ancho cada una. Además, contará con obras de drenaje y señalamiento horizontal y vertical.

#### **Ventajas:**

- \*Mayor tiempo de vida útil. Las superficies de concreto duran más y resisten derrames de gasolina, diésel y aceite de los vehículos, así como también presenta mayor resistencia a los efectos de intemperismo.
- \*Capacidad estructural: El pavimento de concreto resiste mejor las cargas transmitidas por los vehículos pesados y protege mejor el terreno de apoyo. Tampoco se deforma en zonas de frenado y arranque de vehículos pesados y gana resistencia con el paso del tiempo.
- \*Su costo de mantenimiento es menor durante el periodo de vida útil debido a que el material (Concreto hidráulico) tiene mayor resistencia.

#### **Desventajas:**

- \*Mayor costo de inversión.
- \*Mayor tiempo de ejecución de los trabajos debido a que el material de construcción necesita un periodo de tiempo para fraguar.
- \*Mayores costos por molestia, derivado del tiempo de ejecución de los trabajos.

#### **Periodo de Vida útil:**

- \*30 años, siempre y cuando se cumpla con el programa de mantenimiento adecuado, que respete la calendarización del mantenimiento rutinario, periódico y rehabilitación.

## **1. Mantenimiento**

A continuación, se describen los trabajos correspondientes a los mantenimientos de la avenida las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 con carpeta de concreto hidráulico.

- **Conservación Rutinaria (Cada año)**

En este Subprograma se realizan las labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, las zonas laterales, las obras de drenaje y subdrenaje, el cercado, los cortes, terraplenes y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía. Para ello, se llevarán a cabo los siguientes trabajos

\*Limpieza de la superficie de rodadura: consistente en el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar objetos sólidos, materiales pulverulentos, sustancias líquidas y semilíquidas que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

\*Desconchaduras: Es el conjunto de actividades que se realizan para reparar las desconchaduras mayores a 15 X 4 centímetros en planta, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de desconchadura, el resane y en su caso el remplazo del sello de la junta con el fin de restablecer las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura y evitar la degradación de la losa.

\*Señalamiento horizontal: que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

- **Conservación Periódica (Cada 5 años)**

Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que en un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio.

\*Bacheo: consistente en un conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados.

\*Sellado de juntas: Se dará mantenimiento a las juntas para evitar grietas a causa de la contracción del concreto.

\*Desconchaduras: Es el conjunto de actividades que se realizan para reparar las desconchaduras mayores a 15 X 4 centímetros en planta, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de desconchadura, el resane y en su caso el remplazo del sello de la junta con el fin de restablecer las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura y evitar la degradación de la losa.

\*Señalamiento horizontal que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

- **Rehabilitación (Cada 15 años):**

\*Carpeta de concreto hidráulico: Son aquellas que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento portland y agua para proporcionar al usuario una superficie de rodadero uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

\* Base hidráulica: Capa de apoyo para la carpeta de concreto hidráulico.

\*Señalamiento horizontal que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

\*Renivelación de los pozos de visita: son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle con la finalidad de permitir el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, por ello es de vital importancia mantenerlos en buen estado.

\*Señalamiento vertical: El señalamiento vertical es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos.

Los costos de mantenimiento se presentan a continuación de acuerdo a la etapa de operación:

**Tabla 28 Mantenimiento de la Alternativa B**

<b>Mantenimiento Alternativa A</b>			
<b>Mantenimiento</b>	<b>Periodo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Monto S/IVA</b>
Rutinario	1 año	Limpieza de la superficie de rodadura, desconchaduras, rayas separadoras de carriles, rayas en la orilla del camino, rayas de alto, rayas para cruce de peatones, rayas con espaciado logarítmico, flechas, letras, números y pintura para guarniciones.	\$3,373,050.40
Conservación Periódica	5 años	Bacheo, desconchaduras, sellado de juntas, rayas separadoras de carriles, rayas en la orilla del camino, rayas de alto, rayas para cruce de peatones, rayas con espaciado logarítmico, flechas, letras, números y pintura para guarniciones.	\$11,056,500.40
Rehabilitación	15 años	Carpeta de concreto hidráulico, base hidráulica, rayas separadoras de carriles, rayas en la orilla del camino, rayas de alto, rayas para cruce de peatones, rayas con espaciado logarítmico, flechas, letras, números y pintura para guarniciones.y renivelación de los pozos de visita	\$73,150,000.00

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Reconstrucción	Para efecto de este proyecto no se considerará una reconstrucción como mantenimiento, ya que de ser así, se tendría de nuevo el inicio del presente estudio, siendo que, como mantenimiento mayor se contempla una rehabilitación cada 15 años.
----------------	---

Fuente: SCT/ Costos Paramétricos SHCP.

## 2. Costos por molestia

Como se mencionó anteriormente, se toman en cuenta costos por molestia derivado de llevar a cabo los trabajos de ejecución del proyecto, ya que se genera congestión al no tener disponible el 100% de la oferta del camino.

La ejecución de estos trabajos consistirá en 8 meses, por lo tanto, los costos por molestia de la Alternativa B son:

Tabla 29 Costos por molestia de la Alternativa B

Alternativa	Tiempo de ejecución (Meses)	Costo por Molestia mensual	Costo por Molestia Total
Alternativa A	9	-3,274,546.00	-39,294,552.00

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## 3. CAE

Se realizó el análisis del Costo Anual Equivalente (CAE) de la propuesta B, el cual se presenta a continuación:

Tabla 30 Costo Anual Equivalente de la Alternativa B

Alternativa B						
Inversión C/IVA		Inversión S/IVA		Tasa de descuento	Vida útil (Años)	
\$ 197,257,000.00		\$170,049,137.93		10.00%	30	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
0	\$170,049,137.93	\$ -	\$ 29,470,914.00	\$ 199,520,051.93	\$ 199,520,051.93	\$ 21,164,937.12
1		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 3,066,409.45	\$ 325,282.41
2		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 2,787,644.96	\$ 295,711.28
3		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 2,534,222.69	\$ 268,828.44
4		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 2,303,838.81	\$ 244,389.49
5		\$ 11,056,500.40		\$ 11,056,500.40	\$ 6,865,216.86	\$ 728,257.04
6		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 1,903,999.02	\$ 201,974.78
7		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 1,730,908.20	\$ 183,613.44
8		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 1,573,552.91	\$ 166,921.31
9		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 1,430,502.64	\$ 151,746.64
10		\$ 11,056,500.40		\$ 11,056,500.40	\$ 4,262,759.53	\$ 452,190.33
11		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 1,182,233.59	\$ 125,410.45
12		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 1,074,757.81	\$ 114,009.50
13		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 977,052.55	\$ 103,645.00
14		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 888,229.59	\$ 94,222.73
15		\$ 76,523,050.40		\$ 76,523,050.40	\$ 18,319,009.86	\$ 1,943,266.79
16		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 734,074.04	\$ 77,870.02
17		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 667,340.04	\$ 70,790.93

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

18		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 606,672.76	\$ 64,355.39
19		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 551,520.69	\$ 58,504.90
20		\$ 11,056,500.40		\$ 11,056,500.40	\$ 1,643,478.33	\$ 174,338.95
21		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 455,802.23	\$ 48,351.16
22		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 414,365.66	\$ 43,955.60
23		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 376,696.05	\$ 39,959.63
24		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 342,450.96	\$ 36,326.94
25		\$ 11,056,500.40		\$ 11,056,500.40	\$ 1,020,470.74	\$ 108,250.77
26		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 283,017.32	\$ 30,022.26
27		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 257,288.47	\$ 27,292.97
28		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 233,898.61	\$ 24,811.79
29		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 212,635.10	\$ 22,556.17
30		\$ 3,373,050.40		\$ 3,373,050.40	\$ 193,304.64	\$ 20,505.61
<b>Total</b>		<b>\$ 205,075,312.00</b>	<b>\$ 29,470,914.00</b>	<b>\$ 404,595,363.93</b>	<b>\$ 258,413,406.05</b>	<b>\$ 27,412,299.85</b>

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2019

De acuerdo a lo anterior, la comparativa del Costo Anual Equivalente (CAE) de ambas alternativas, determina que la Alternativa A (Modernización con carpeta asfáltica) es la apropiada en realizarse al resultar menor que la Alternativa B.

Tabla 31 Costo Anual Equivalente de las Alternativas

Costo Anual Equivalente	
Indicador	Valor
Costo Anual Equivalente (CAE) de la alternativa 1: Carpeta asfáltica	<b>\$26,747,858.92</b>
Costo Anual Equivalente (CAE) de la alternativa 2: Concreto hidráulico	<b>\$27,412,299.85</b>

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

Por lo tanto, la propuesta seleccionada (Alternativa A) "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" con carpeta asfáltica es la apropiada en realizarse, ya que se reduce el monto de inversión principalmente. Además, el tiempo de ejecución de los trabajos es menor, de esta manera los costos por molestia se reducirán evitando causar problemas a los usuarios que circulan por Avenida las Partidas. Además, contará con señalamiento horizontal y vertical que permitirá mejorar la visibilidad de los conductores al observarse de mejor manera el camino. Así mismo, contará con obras de drenaje para canalizar de forma correcta el agua pluvial que cae sobre la superficie de rodadura y evitar daños a la estructura del pavimento.

Además, existen diferentes razones técnicas para llevar a cabo la ejecución de los trabajos con carpeta asfáltica como:

- Fácil construcción ya que el asfalto no necesita tiempo de fraguado.
- Las condiciones físicas de la superficie de rodamiento, son las adecuadas para el tipo de vehículos que circulan por el camino, siendo más cómodo el viaje debido a las condiciones del asfalto (baja rugosidad).
- Mejor resistencia a la fatiga.
- El pavimento presenta flexibilidad.

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

#### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

---

- Las carreteras de asfalto pueden permanecer parcialmente abiertas mientras están siendo mejoradas, y sin la necesidad de períodos largos de curado se pueden volver a abrir rápidamente ayudando a mantener en funcionamiento el tráfico.

#### Razones Económicas:

- Los costos de mantenimiento son los adecuados.
- Debido a que el proyecto se realizará en menor tiempo no genera altos costos adicionales.
- El asfalto tiene bajos costos iniciales, dura mucho tiempo, y debido a su capacidad de reciclaje, tiene un valor residual superior a otros pavimentos.

## IV. Situación con el Proyecto

### a) Descripción General

De acuerdo a los Lineamientos para la elaboración y presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión, se tiene que el presente proyecto corresponde Proyectos de Infraestructura económica.

<b>Tipo de PPI:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	Infraestructura económica
	<input type="checkbox"/>	Infraestructura social
	<input type="checkbox"/>	Infraestructura gubernamental
	<input type="checkbox"/>	Inmuebles
	<input type="checkbox"/>	Adquisiciones
	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento
	<input type="checkbox"/>	Otros Programas
	<input type="checkbox"/>	Otros Proyectos

De acuerdo al Diario Oficial de la Federación, publicado con fecha 30 de diciembre de 2013, donde se establecen los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Los trabajos de "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca", se considera dentro del programa de infraestructura económica y le corresponde un estudio a nivel simplificado (perfil), ya que su monto es mayor a 50 millones de pesos y menor a 500 millones de pesos.

#### • Objetivo del Proyecto

Se pretende modernizar Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 con el objeto mitigar la problemática presentada, derivada del elevado tránsito y mal estado de la carpeta asfáltica, ya que presenta baches, deformaciones, grietas y congestionamiento a lo largo de la superficie de rodamiento. Por lo tanto, al llevar a cabo trabajos que permitan evitar dichos problemas se brindará un mejor servicio e intercambio de mercancías y víveres a la población, así como acceso a los servicios de salud, educación, vivienda y recreación.

De acuerdo a esto se determina que los objetivos principales del proyecto son los mencionados a continuación, los cuales permiten una comunicación eficaz, segura y fluida de los usuarios que transitan por la avenida.

- \*Aumentar las velocidades de recorrido
- \*Disminuir los tiempos de traslado
- \*Minimizar los costos generalizados de viaje (CGV's)



Por lo tanto, el presente estudio busca la factibilidad socioeconómica de llevar a cabo el proyecto denominado "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" y de esta manera ofrecer una mejor conexión entre dichos municipios permitiendo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

Además, el proyecto contempla mejorar la interacción con los municipios aledaños que permitan el crecimiento urbano, industrial y demográfico, así como el desarrollo económico y social de los municipios. Permitiendo cumplir con los objetivos, estrategias y líneas de acción del Plan Nacional de Desarrollo 2019 -2024, Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2017-2023, Plan de Desarrollo Municipal de Lerma 2019-2021 y el Plan de Desarrollo Municipal de Valle de Toluca 2019-2021.

- **Descripción del proyecto**

El presente proyecto consiste en modernizar Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 ubicada en el municipio de Lerma y Toluca. Para ello, se pretende pasar de uno a dos carriles de circulación por sentido, los cuales se distribuirán en una corona con dos calzadas de 2 carriles de circulación (una por sentido) separadas por un camellón de ancho variable y acotamientos a las orillas de la Avenida.

A lo largo de una longitud de 3,200 m las calzadas tendrán un ancho de 9 metros cada una, con dos carriles de circulación de 3.50 m cada uno y acotamientos exteriores de 1.50 m e interiores de 0.50 m. La estructura del pavimento estará formada por una capa subrasante de 30 cm de espesor, una base hidráulica de 25 cm de espesor y una carpeta asfáltica de 14 cm de espesor.

Además, se construirán banquetas y guarniciones para resguardar la seguridad de los peatones. Se implementarán obras de drenaje, consistente en la colocación de tubería para formar un colector, construcción de pozos de visita y renivelación de pozos de visita para conducir las aguas crudas, residuales o negras que se generen en la zona a lugares donde el agua no dañe la estructura del pavimento, así como evitar la erosión de la superficie de rodamiento.

También, se pintarán marcas en el pavimento necesarias para delinear las características geométricas de la vialidad, con el objetivo de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, se colocarán señales verticales bajas para regular el uso de la vialidad mediante tableros en postes, marcos y otras estructuras, transmitiendo al usuario un mensaje relativo a la carretera y vialetas con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

Aunado a esto, se colocará jardinería con la finalidad de urbanizar el espacio de la zona y se llevarán a cabo obras inducidas con el objeto de adecuar las instalaciones a la obra y evitar problemas con las obras ya existentes.

Al llevar a cabo estos trabajos se mejorará la oferta geométrica y de operación actual de Av. las partidas evitando congestionamiento, bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje. Por lo que, los usuarios transitarán de forma cómoda, fluida y eficaz a través de Av. las partidas.

A continuación, se describen los trabajos a realizar para cada uno de los componentes antes mencionados de acuerdo al procedimiento constructivo y normas emitidas por la SCT.

### **Trabajos previos**

- **Obras Inducidas:** Identificación y marcación de las obras inducidas comunes y especiales, señalándolas con marcas de cal o pintura.
- **Señalamientos:** Antes de iniciar los trabajos de modernización, se requiere la colocación de señalamiento horizontal, vertical y dispositivos de seguridad en la zona, que se colocan provisionalmente para guiar al tránsito y resguardar la integridad física de los usuarios de la carretera en operación.
- **Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos:** Eliminar basura y materiales extraños para evitar contaminaciones del pavimento existente.

### **Estructura del pavimento**

- **Recorte del pavimento:** Se retirará un espesor de 40 cm del pavimento.
- **Corte:** El corte se realizará en un espesor necesario para alojar la estructura de pavimento.
- **Recompactación:** La superficie descubierta después del corte se perfilará, afinará y compactará al 95% PVSM AASTHO estándar de los materiales en 20 cm de espesor, la capa así trabajada servirá como superficie de desplante para la Subrasante.
- **Subrasante:** Sobre la superficie de desplante, debidamente compactada y perfilada, se construirá una capa sub-rasante de treinta (30) cm de espesor, en dos capas de 15 cm cada una, con material de banco, con tamaño máximo de 3", compactada hasta alcanzar el cien por ciento (100%) de su peso volumétrico seco máximo.
- **Pedraplén:** Se construirá una capa rompedora de capilaridad de 40 cm de espesor en toda la longitud del camino, dicho pedraplén se construirá con partículas de 3" a 8".
- **Base Hidráulica:** Sobre la capa subrasante, antes de que se deteriore, pierda humedad y compactación, se construirá la base hidráulica de material de banco, con tamaño máximo de 1½", se compactará al 100% mínimo de su PVSM AASHTO modificada, en un espesor de 25 cm.
- **Riego de Impregnación:** Una vez terminada y compactada al porcentaje requerido en la base tratada ligeramente húmeda, barrida, sin polvo ni material suelto, se le aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica ECI-60, con 60% aproximado de residuo asfáltico. La cantidad por aplicar será de 1.5 Lt/m<sup>2</sup>, dependiendo de la textura superficial y del residuo de la emulsión, se aplicará un

poreo con arena con tamaño máximo de 5.0 mm, PVSM =1400 kg/m<sup>3</sup>, dosificada a 6 lt/m<sup>2</sup>.

- **Carpeta asfáltica:** Aplicado y fraguado el riego de liga, se construirá la carpeta de 14 cm de espesor de concreto asfáltico elaborado en caliente y compactado al 95% mínimo de su P.V.M. Marshall. El tendido de la carpeta se tendrá que realizar en 2 capas de 7 cm de espesor.
- **Riego de sello:** Una etapa importante para el pavimento construido cumpla su vida útil, es la protección de la carpeta con un riego de sello para impermeabilizarla, proporcionarle una superficie de desgaste y antiderrapante, así también evitar la oxidación prematura del asfalto de la carpeta por los cambios de temperatura y humedad del ambiente. Para riego de sello se empleará material pétreo tipo 3-A y emulsión asfáltica de rompimiento rápido modificada con polímeros de alta viscosidad.

### **Estructuras**

- **Demolición:** Se realizará la demolición de concreto hidráulico simple sobre el área a trabajar.
- **Excavación para estructuras:** El fondo de la excavación estará exento de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades y deberá tener una compactación del 90% mínimo de su PVSM AASHTO estándar.
- **Relleno:** El relleno será con materiales seleccionados
- **Guarniciones:** Para los tramos donde se requieran las guarniciones, se usará concreto hidráulico con f'c de 150 kg/cm<sup>2</sup> y se dejará una altura libre de guarnición de 20 cm sobre la rasante del pavimento.
- **Banquetas:** Las losas de banquetas serán de 10 cm de espesor de concreto hidráulico con f'c de 150 kg/cm<sup>2</sup>. En el área de banquetas se hará un despalme de 20 cm de espesor, para eliminar el suelo con material vegetal, el desplante se recompactará al 90% del PVSM AASHTO de los materiales en 15 cm de espesor, el relleno para apoyo de las losas se hará en capas de 15 cm de espesor de tepetate con clasificación SUCS de "SM" o "SC" de baja plasticidad compactado al 90% de su PVSM AASHTO.

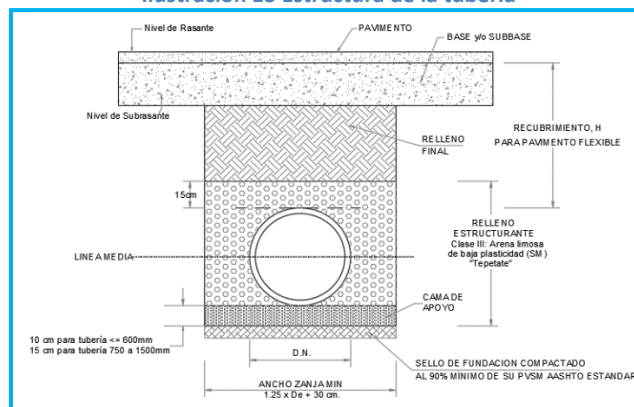
### **Obras de drenaje y subdrenaje**

- **Excavación:** La excavación para la tubería se efectuará de acuerdo con las secciones y niveles establecidos en el proyecto lo suficientemente ancha y profunda, que permita el acomodo de la nueva tubería de PEAD del diámetro que indique el proyecto. El fondo de la excavación en que se asiente la tubería estará exento de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades Cabe mencionar que la excavación se realizará, hasta encontrar terreno sano que permita el desplante de la alcantarilla tubular. El terreno firme (sello de fundación) donde se colocará los

tubos PEAD deberá tener una compactación del 90% mínimo de su PVSM AASHTO estándar.

- **Plantilla:** Una vez que se ha encontrado terreno firme en el interior de la excavación, afinada y recompactada la superficie descubierta, se procederá a construir la plantilla o cama de arena, con el fin de facilitar el acomodo de la tubería y generar una superficie tal que la carga transferida por el tubo al suelo de cimentación sea uniforme; la cama deberá de conformarse con arenas medias a gravas bien graduadas (SW) en estado suelto.
- **Colocación de la tubería:** La colocación se hará siempre de aguas abajo hacia aguas arriba, ubicando siempre el extremo con la junta tipo macho hacia aguas abajo. Salvo que el proyecto indique otra cosa, las juntas entre elementos y las perforaciones para el manejo de los mismos, se sellarán con mortero de cemento-arena en proporción uno a tres (1:3).
- **Construcción de acostillamiento:** El acostillamiento de la tubería, es el apisonado que se efectúa a los lados de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto a todo el cuadrante inferior, y se efectuará hasta la mitad del diámetro del tubo y el resto del mismo. El relleno colocado en los costados (acostillado) y alrededor de la tubería, se compactará simétricamente a mano o con equipo manual, en ambos lados en capas de veinte (20) centímetros, con material de banco, conformado por arena limosa de baja plasticidad (SM) o limo de baja plasticidad con arenas finas (ML) "tepetates", con un límite líquido no mayor de 50 % y un límite plástico no mayor del 6 %; con un grado de compactación del 90% de su PVSM AASHTO modificada hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel de la clave del tubo.
- **Relleno:** El relleno con material producto de la excavación que se colocará en las excavaciones realizadas, será ejecutado en capas horizontales paralelas al desplante cuyo espesor no deberá ser mayor de 25 cm. y hasta una profundidad de 55 cm abajo del nivel de la rasante de proyecto. El material de relleno colocado en el área del terraplén deberá cumplir con la compactación de 90% mínimo del P.V.S.M. AASHTO estándar del material empleado. El material para la formación de esta capa se podrá extraer de cualquiera de los bancos más cercanos, debiendo eliminar los tamaños mayores a 3".

**Ilustración 13 Estructura de la tubería**



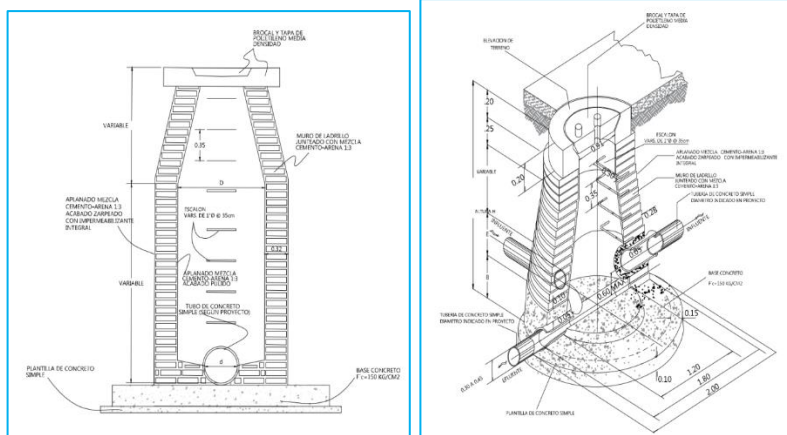
Fuente: Procedimiento constructivo

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

- **Construcción de pozos de visita y cajas de vista:** Se efectuará una excavación de acuerdo a lo establecido en el proyecto, después de las excavaciones a cielo abierto, se perfilará, afinará y recompactará al 95% del PVSM AASTHO estándar de los materiales, en 20 cm de espesor.

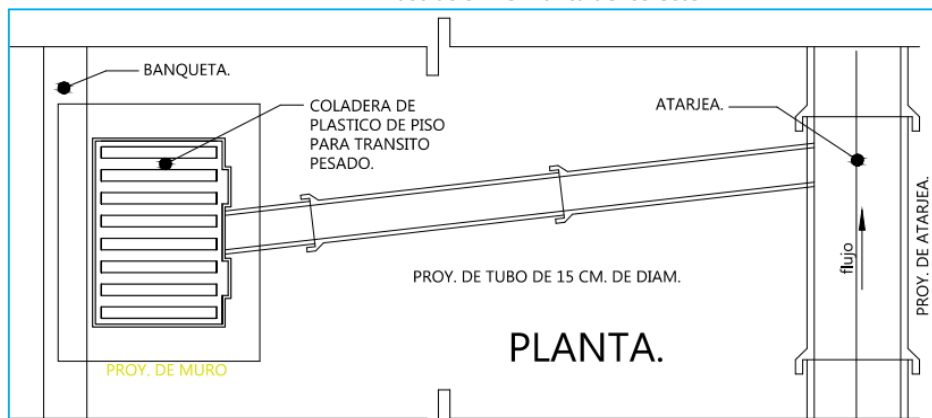
Ilustración 14 Vista general de los pozos de visita



Fuente: Procedimiento constructivo

- **Registro colector de agua pluvial:** Se nivelará y afinará la superficie de desplante y se compactará para formar el fondo del registro, se construirá un firme de concreto hidráulico con un espesor mínimo de seis (6) centímetros y una resistencia de  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Se desplantarán los muros de tabique rojo recocido. En el fondo del registro se colocará un medio tubo para formar un canal que tenga la misma pendiente que la tubería, rellenando los lados con pedacería de tabique y mortero de cemento, de tal forma que quede una superficie con pendiente lateral para que las aguas reconozcan hacia el canal. El registro llevará tapa con marco y contramarco.

Ilustración 15 Planta del colector



Fuente: Procedimiento constructivo

- **Reparación de registros:** Se realizará la renivelación de los registros (pozos de visita) así como la limpieza de los mismos, los brocales deberán estar al nivel de la rasante de proyecto y se sustituirán los brocales en los lugares que indique el proyecto.

#### **Señalamiento y dispositivos de seguridad**

- Se colocarán, las marcas en el pavimento necesarias para delinear las características geométricas de la vialidad.
  - M-2.1 Raya separadora de carriles continua sencilla de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante.
  - M-2.3 Raya separadora de carriles, discontinua de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante.
  - M-3.1 Raya en la orilla derecha, continua del arroyo vial de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante
  - M-3.3 Raya en la orilla izquierda continua del arroyo vial de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante.
  - M-4 Raya guía en la zona de transición de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante.
  - M-6.2 Rayas de alto de 60 cm de ancho en carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación y vías primarias.
  - M-7.1 Rayas para cruce de peatones o ciclistas de 40 cm de ancho en vías primarias.
  - M-9 Raya con espaciamiento logarítmico de 60 cm de ancho, en color blanco reflejante.
  - M-11 Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles. Por unidad de obra terminada.
- **Marcas en guarniciones:** Antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se aplicaran las marcas deberá estar seca y exenta de materiales extraños, polvo o grasas. Para su limpieza se utilizará agua a presión. La aplicación de la pintura se realizará mediante maquina autopropulsada, que permita ajustar la cantidad de pintura y el ancho de película que se aplique en guarniciones.
- **Señalamiento vertical:** Para regular el uso de la vialidad se instalará el señalamiento necesario mediante tableros en postes, marcos y otras estructuras, transmitiendo al usuario un mensaje relativo a la carretera.
  - Señales preventivas de 117 x 117 cm en acabado reflejante
  - Señales restrictivas de 117 x 117 cm en acabado reflejante
  - Señales informativas de 40 x 178 cm en acabado reflejante

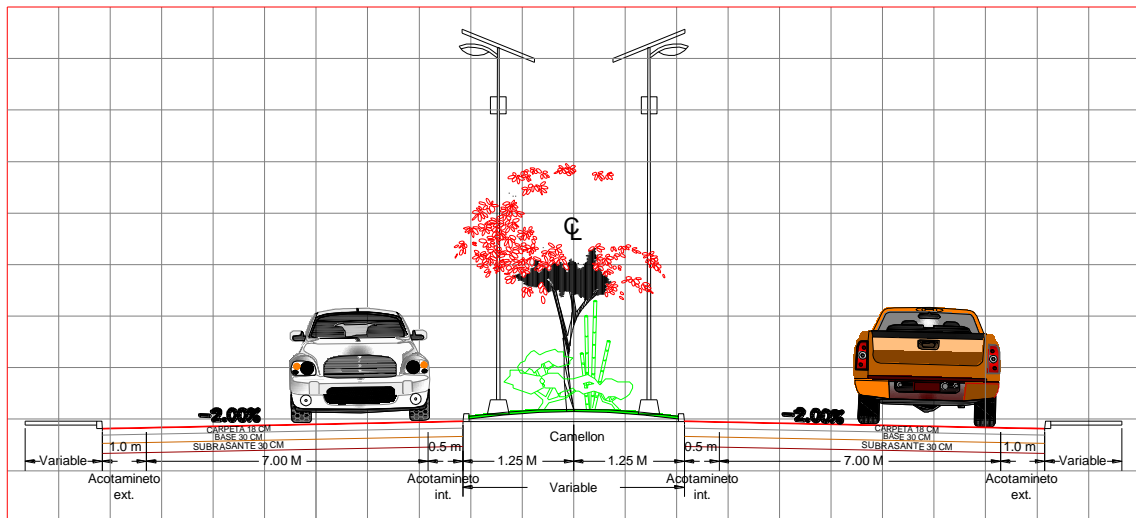
## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

- **Violetas y botones:** Concluidas las marcas en el pavimento se procederá a la colocación de botones con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.
- **Urbanización y jardinería:** Se colocarán Arboles tipos cipres italianos de 1.8 mts de altura promedio si como plantas de ornato tipo ficus con una altura de 2 mts aproximadamente en áreas verdes y Piedras decorativa bola blanca de rio para jardín en saco de 10kg c/u.
- **Suelos vegetales:** Requiere la colocación de nuevo suelo vegetal en el camellón central, con la finalidad de otorgar las condiciones óptimas para el sembrado o plantación de árboles/plantas de ornato en los lugares que indique el proyecto.

Ilustración 16 Perfil transversal del proyecto

#### SECCION TIPO



## b) Alineación Estratégica

### Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

**Objetivo:** II. POLÍTICA SOCIAL. El objetivo más importante del gobierno de la Cuarta Transformación es que en 2024 la población de México esté viviendo en un entorno de bienestar.

#### **Estrategias:**

III. ECONOMÍA. Detonar el crecimiento.

### Plan Estatal de Desarrollo 2017-2023 del Estado de México.

**2.5 Objetivo:** Desarrollar infraestructura con una visión de conectividad integral.

**Estrategia 2.5.2:** Construir infraestructura resiliente para una mayor y mejor movilidad y conectividad.

### **Líneas de Acción.**

- Incrementar, mantener y mejorar la red de vialidades primarias, carreteras y vialidades interregionales que faciliten la conectividad de la entidad.
- Ampliar la infraestructura de transporte carretero secundario.
- Fomentar las acciones inherentes a la construcción, modernización, ampliación, conservación, Reconstrucción y reconstrucción de la infraestructura carretera.
- Propiciar el buen funcionamiento de la red estatal de autopistas en la entidad.
- Mantener la Infraestructura Vial Primaria Libre de Peaje en óptimas condiciones de tránsito para facilitar el intercambio de productos y la movilidad de la población.

### **Programa de Desarrollo de la Infraestructura Carretera del Estado de México.**

Con una visión a largo plazo, para contar con una adecuada planeación de las estrategias de construcción, conservación y modernización de la infraestructura carretera. Así mismo, consolidar el sistema carretero estatal, concluir las obras en proceso y complementarlas con programas de nueva infraestructura para mejorar la conectividad inter e intrarregional.

### **Plan de Desarrollo Municipal Toluca 2019-2021**

**Objetivo 3.1** Consolidar una ciudad limpia, ordenada y sustentable.

**Estrategias 3.1.1.** Conservar y mejorar la imagen urbana de las localidades del municipio.

#### **Líneas de acción:**

Realizar obras de mejora a las vialidades del municipio.

### **Plan de Desarrollo Municipal de Lerma 2019-2021**

**Objetivo:** PILAR 3. MUNICIPIO ORDENADO, SUSTENTABLE Y RESILIENTE

Mantener las vialidades en óptimas condiciones a través de un programa de mantenimiento eficaz, mejorando así los tiempos de traslado.

#### **Estrategias:**

- 1.- Conservar en condiciones óptimas las calles y vialidades del municipio.
- 2.- Incrementar la infraestructura vial del municipio.

#### **Líneas de acción:**

Impulsar el incremento, mantenimiento y mejorar la red de vialidades primarias, carreteras y vialidades de interconexión con otros municipios vecinos a fin de facilitar la conectividad de la entidad.

## **c) Localización Geográfica**

En particular el proyecto **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"** se desarrolla en los municipios de Lerma y Toluca dentro de la cabecera municipal de Lerma, Colonia Isidro Fabela, Colonia los Cedros, El Cerrillo y San Pedro Totoltepec.



## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

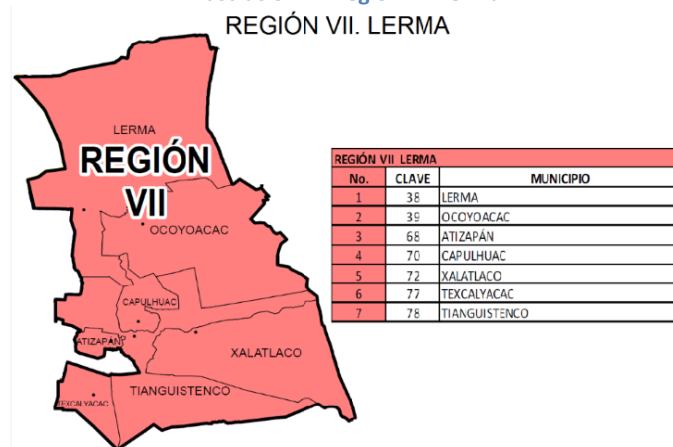
### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Lerma pertenece a la región VII y se ubica geográficamente entre los paralelos 18°17'49" latitud norte y a los 99°31'20" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

Limita al norte con los municipios de Jilotzingo y Xonacatlán; al sur con Capulhuac y Tianguistenco; al Oriente con Huixquilucan, Naucalpan de Juárez y Ocoyoacac; al poniente con Metepec, San Mateo Atenco y Toluca.

La ubicación privilegiada del municipio en la región, facilita el intercambio internacional, nacional, estatal e inter-municipal, aunado a lo anterior, dentro del municipio se ubica un parque industrial que genera empleo, flujo de divisas y migración de mano de obra calificada. La economía del municipio es resultado en gran medida de flujos comerciales con las entidades federativas y municipios que conforman la región centro y occidente del país principalmente. La gran demanda de empleo generada por dicho corredor industrial detonó en flujos migratorios de personas desde la década de los 70.<sup>10</sup>

Ilustración 17 Región VII Lerma



Fuente: [https://copladem.edomex.gob.mx/regiones\\_y\\_municipios](https://copladem.edomex.gob.mx/regiones_y_municipios)

El municipio de Toluca se localiza al poniente del Estado de México y cuenta con una extensión territorial de 42 mil 685 hectáreas, equivalente al 1.89 por ciento del territorio estatal. Sus coordenadas geográficas son 19°17'16" al norte y 99°39'11" al oeste; con una altitud que va de los 2 mil 649 a los 2 mil 8004 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Los municipios con los que colinda son Almoloya de Juárez, Temoaya y Oztolotepec, Lerma, San Mateo Atenco, Metepec, Tenango del Valle, Zinacantepec y Calimaya y pertenece a la región XVII (Toluca)

Además, Toluca es un importante centro industrial. Las industrias establecidas en el municipio se dedican a la producción y distribución de bebidas, alimentos procesados,

<sup>10</sup> Plan Municipal de Lerma 2019-2021

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

textiles, automóviles, productos eléctricos, químicos y farmacéuticos, entre otros<sup>11</sup>. Por ello, la comunicación de los usuarios al municipio es de vital importancia.

Ilustración 18 Región XVII Toluca  
REGIÓN XVII. TOLUCA



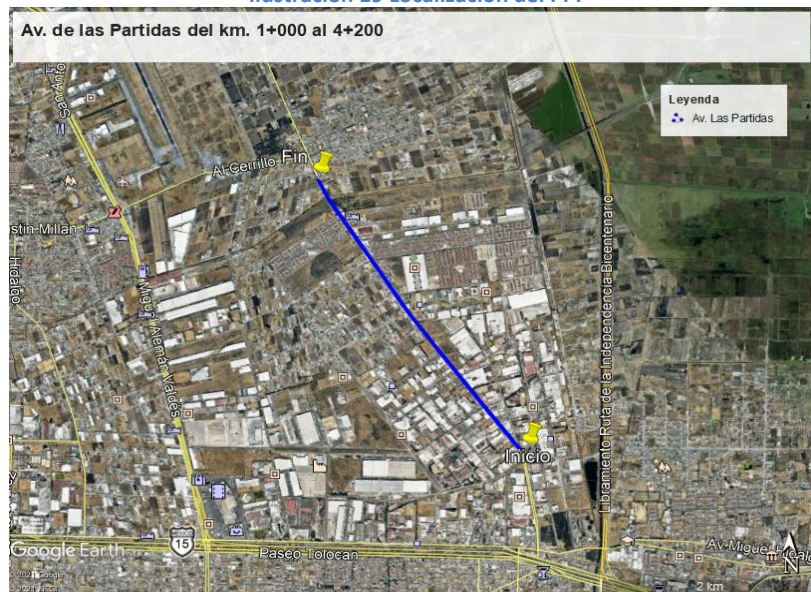
Fuente: [https://copladem.edomex.gob.mx/regiones\\_y\\_municipios](https://copladem.edomex.gob.mx/regiones_y_municipios)

El tramo a modernizar se encuentra referenciado mediante las siguientes coordenadas:

\*Inicio (km 1+000): 19.294683°, -99.528804°

\*Fin (km 4+200): 19.318222°, -99.546330°

Ilustración 19 Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con Google

Por lo tanto, los habitantes beneficiados son los ubicados en las siguientes localidades:

<sup>11</sup> Plan Municipal de Toluca 2019-2021

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Tabla 32 Localidades beneficiadas

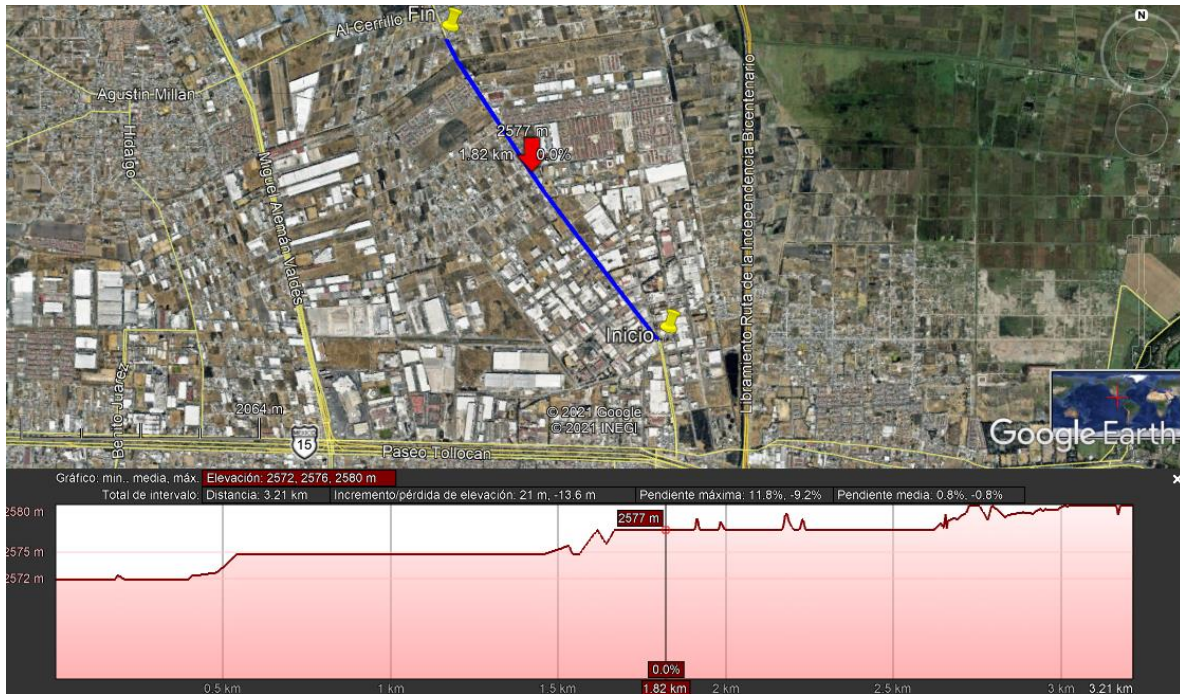
Municipio	Localidad	Grado de marginación	Habitantes perjudicados		
			2005	2010	Tasa de Crecimiento
Lerma	Cab. Municipal	Muy bajo	16,827	22,713	34.979%
	Col. Isidro Fabela	Medio	953	1,478	55.089%
	Col. Los Cedros	Muy bajo	3,000	3,094	3.133%
Toluca	El Cerrillo	Medio	6,444	8,699	34.994%
	San Pedro Totoltepec	Bajo	19,052	21,076	10.624%
<b>Total</b>			<b>46,276</b>	<b>57,060</b>	<b>27.76%</b>

Fuente: Elaboración propia con Google

Como se puede observar el crecimiento de la población del 2005 al 2010 es alto, tenido como resultado una tasa del 27.76% en promedio a lo largo de 5 años, por lo tanto, se espera un crecimiento anual de 5.55%.

Por otra parte, se presenta el perfil de altitud del proyecto que es una variable importante para determinar los costos generalizados de viaje

Ilustración 20 Perfil de elevación Tramo 1 Km 1+000 al Km 4+200



Fuente: Elaboración propia con Google

### d) Calendario de Actividades

El siguiente calendario corresponde al calendario de avance físico y financiero de los 5 meses correspondientes al monto solicitado para la "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

**Los importes incluyen IVA**

**Tabla 33 Calendario de actividades**

<b>Calendario de actividades</b>						
<b>CONCEPTO</b>	<b>IMPORTE</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>
<b>TERRACERÍAS</b>	\$37,036,990.74	\$ 18,518,495.37	\$ 14,814,796.30	\$ 3,703,699.07		
<b>ESTRUCTURAS</b>	\$7,467,207.68	\$ 2,986,883.07	\$ 3,733,603.84	\$ 746,720.77		
<b>OBRAS DE DRENAJE Y SUBDRENAJE</b>	\$12,195,079.22		\$ 6,097,539.61	\$ 3,658,523.77	\$ 2,439,015.84	
<b>PAVIMENTOS</b>	\$56,560,350.18	\$ 11,312,070.04	\$ 11,312,070.04	\$ 11,312,070.04	\$ 11,312,070.04	\$ 11,312,070.04
<b>SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD</b>	\$1,987,350.58				\$ 1,391,145.41	\$ 596,205.17
<b>OBRAS INDUCIDAS</b>	\$43,723,021.60	\$ 21,861,510.80				\$ 21,861,510.80
<b>TOTAL, MENSUAL</b>		<b>\$ 54,678,959.28</b>	<b>\$ 35,958,009.78</b>	<b>\$ 19,421,013.64</b>	<b>\$ 15,142,231.29</b>	<b>\$ 33,769,786.01</b>
<b>TOTAL, ACUMULADO</b>		<b>\$ 54,678,959.28</b>	<b>\$ 90,636,969.06</b>	<b>\$ 110,057,982.70</b>	<b>\$ 125,200,213.99</b>	<b>\$ 158,970,000.00</b>

<b>PORCENTAJE MENSUAL</b>	<b>34%</b>	<b>23%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>	<b>21%</b>
<b>PORCENTAJE ACUMULADO</b>	<b>34%</b>	<b>57%</b>	<b>69%</b>	<b>79%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

## e) Monto Total de Inversión

A continuación, se presentan los costos que interfieren en la "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

**Tabla 34 Componentes de inversión del proyecto**

Componentes					
	Descripción	U	Cantidad	PU C/IVA	Importe
Terracerías	Cortes	m <sup>3</sup>	59,137.72	\$121.80	\$7,202,974.30
	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	7,450.88	\$214.60	\$1,598,958.85
	Recompactación al 95% AASTHO estándar	m <sup>3</sup>	12,160.00	\$52.20	\$634,752.00
	Formación de terraplenes compactados al 95% de su PVSM AASTHO Estándar.	m <sup>3</sup>	962.51	\$348.00	\$334,953.06
	Capa subrasante, compactada al 100% de su PVSM AASTHO Estándar.	m <sup>3</sup>	20,030.28	\$359.60	\$7,202,888.69
	Formación de pedraplenes con fragmentos de roca y agrava con tamaños de 1 a 8" para las zonas inestables.	m <sup>3</sup>	24,320.00	\$754.00	\$18,337,280.00
	Relleno de excavaciones para estructuras	m <sup>3</sup>	3,024.00	\$458.20	\$1,385,596.80
	Relleno de banquetas y guarniciones	m <sup>3</sup>	741.13	\$458.20	\$339,587.05
Estructuras	Guarniciones de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup> , de 0.09 m2 de sección transversal.	m	12,556.80	\$348.00	\$4,369,766.40
	Banquetas de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup> , de 0.10 m de espesor.	m <sup>2</sup>	9,417.60	\$324.80	\$3,058,836.48
	Demoliciones y desmantelamientos	m <sup>3</sup>	83.20	\$464.00	\$38,604.80
Obras de drenaje y subdrenaje	Pozos de visita tipo común para profundidad de 1.25 a 1.50 m	Pza	78.00	\$8,120.00	\$633,360.00
	Pozos de visita tipo común para profundidad de 1.50 a 1.75 m	Pza	6.00	\$9,860.00	\$59,160.00
	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BROCAL Y TAPA DE POLIETILENO DE ALTA RESISTENCIA	Pza	84.00	\$2,146.00	\$180,264.00
	Tubo PEAD de 30 cm de diámetro.	m	1,365.41	\$870.00	\$1,187,906.70
	Tubo PEAD de 38 cm. de diámetro.	m	1,168.68	\$928.00	\$1,084,535.04
	Tubo PEAD de 45 cm. de diámetro.	m	877.75	\$1,276.00	\$1,120,009.00
	Tubo PEAD de 61 cm. de diámetro.	m	1,125.00	\$1,624.00	\$1,827,000.00
	Tubo PEAD de 75 cm. de diámetro.	m	1,737.38	\$2,146.00	\$3,728,417.48
	Tubo PEAD de 90 cm. de diámetro.	m	233.49	\$2,842.00	\$663,578.58
	Plantilla para encamado de tubos de PEAD de arena.	m <sup>3</sup>	926.18	\$522.00	\$483,466.38
Acostillado de tubería con material producto de banco.	m <sup>3</sup>	2,512.35	\$290.00	\$728,582.04	

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

	Coladera de piso de Fo Fo	Pza	139.00	\$1,856.00	\$257,984.00
	Renivelación de pozo de visita con tabique de barro rojo recocido 6x12x24 de 12 cm de espesor asentado con mortero cemento arena prop. 1:4 juntas de 1.5 cms. de espesor, acabado común.	Pza	50.00	\$2,842.00	\$142,100.00
	Renivelación de rejilla pluvial hasta 0.20 m. con tabique de barro rojo recocido asentado con mortero cemento arena prop. 1:4 juntas de 1.5 cm de espesor, acabado común, con sección de 0.60 x 0.40 m.	Pza	37.00	\$2,668.00	\$98,716.00
Pavimentos	Base hidráulica de 25 cm de espesor	m <sup>3</sup>	15,200.00	\$487.20	\$7,405,440.00
	Riego de Impregnación con emulsión asfáltica tipo ECI-60, en proporción de 1.5 Lt/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	59,781.77	\$26.68	\$1,594,977.62
	Arena para cubrir el riego de impregnación PVS=1,400 Kg/m <sup>3</sup> , 6 Lt/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	358.69	\$522.00	\$187,236.50
	Carpeta asfáltica de 14 cm de espesor	m <sup>3</sup>	8,369.45	\$5,046.00	\$42,232,233.60
	Limpieza general del pavimento	Ha	6.72	\$21,460.00	\$144,211.20
	Recorte de pavimentos	m <sup>3</sup>	11,800.31	\$423.40	\$4,996,251.25
Señalamiento y dispositivos de seguridad	Raya separadora de carriles de 15 cm , continua sencilla en color blanco reflejante	m	1,362.00	\$16.24	\$22,118.88
	Raya separadora de carriles, discontinua de 15 cm de espesor en color blanco reflejante	m	3,983.00	\$16.24	\$64,683.92
	Raya en la orilla derecha, continua de 15 cm de ancho en color blanco reflejante	m	5,546.00	\$16.24	\$90,067.04
	Raya en la orilla izquierda continua de 15 cm de espesor en color blanco reflejante	m	5,584.00	\$16.24	\$90,684.16
	Raya guía en la zona de transición de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante	m	633.00	\$16.24	\$10,279.92
	Rayas de alto de 60 cm de ancho	m	213.00	\$63.80	\$13,589.40
	Rayas para cruce de peatones en vías primarias	Pza	1,493.00	\$133.40	\$199,166.20
	Rayas con espaciado logarítmico de 60 cm de ancho, en color blanco reflejante.	m	350.00	\$156.60	\$54,810.00
	Flechas, letras y números	Pza	157.00	\$324.80	\$50,993.60
	Marcas en guarniciones.	m	12,556.80	\$44.08	\$553,503.74
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-9 En forma de tresbolillo.	Pza.	2,043.00	\$98.60	\$201,439.80
Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento	Pza.	601.00	\$98.60	\$59,258.60	

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

	colocados sobre raya M-3.1, a cada 10 metros en tangente y en curva, color blanco				
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-3.3, A CADA 10 m EN color amarillo en cara al tránsito	Pza.	595.00	\$98.60	\$58,667.00
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-2.1 y en M-4, A CADA 6 m EN color blanco en la cara del tránsito	Pza.	345.00	\$98.60	\$34,017.00
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-2.3, A CADA 10 m EN color blanco en la cara del tránsito	Pza.	383.00	\$98.60	\$37,763.80
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-9, En forma de tresbolillo en color blanco	Pza.	1,720.00	\$98.60	\$169,592.00
	Señales preventivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante tipo SP-11	Pza.	12.00	\$4,640.00	\$55,680.00
	Señales preventivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante tipo SP-32	Pza.	12.00	\$4,640.00	\$55,680.00
	Señales restrictivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante Tipo SR-9	Pza.	10.00	\$4,640.00	\$46,400.00
	Señales restrictivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante Tipo SR-22	Pza.	12.00	\$4,640.00	\$55,680.00
	Señal informativa de 40 x 178 cm en acabado reflejante	Pza.	6.00	\$3,712.00	\$22,272.00
	Cartelera panorámica de 3 x 5 metros	Pza.	1.00	\$41,003.52	\$41,003.52
Obras Inducidas Telefónicas	Reubicación de postes de teléfono	Pza.	60.00	\$17,400.00	\$1,044,000.00
	Reubicación de postes metálicos de cámaras de vigilancia.	Pza.	4.00	\$23,200.00	\$92,800.00
	Reubicación de casetas telefónicas.	Pza.	8.00	\$5,800.00	\$46,400.00
	Colocación de registro prefabricado de Telmex de 70 x 140 x 80 cm int. de concreto de f'c 250 kg/cm2, con malla electrosoldada de 06x06-6/6 de 10 cms. de espesor de muro y piso, con marco metálico para recibir tapa de policoncreto reforzada con capas de fibra de vidrio, acabado pulido, con aberturas laterales para recibir ductos. Incluye: Material, tapa de policoncreto, mano de obra, equipo, herramienta, acarreo, desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	Pza.	4.00	\$4,002.00	\$16,008.00

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

Obras Inducidas Ductos de gas	Reubicación de ducto de gas de acero (A-50)	m	262.00	\$5,800.00	\$1,519,600.00
	Reubicación de ducto de gas polietileno (PE)	m	2,487.00	\$6,380.00	\$15,867,060.00
	Encofrado a base de concreto reforzado De f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> con varilla de 3/8 @ 20 cm en ambos sentidos F'y=4200kg/cm <sup>2</sup> para protección en ducto de GAS	m	210.00	\$3,480.00	\$730,800.00
Obras Inducidas Red eléctrica	Reubicación de línea de media tensión (aérea/aérea)	Pza	218.00	\$63,800.00	\$13,908,400.00
	Suministro y colocación de poste de concreto tipo retenida según especificación de CFE	Pza	11.00	\$34,800.00	\$382,800.00
	Traslado de líneas existentes de media tensión (3 hilos), de poste existente a poste nuevo	Km	6.60	\$34,800.00	\$229,680.00
	Traslado de transformadores, de poste existente a poste nuevo	Pza	10.00	\$40,600.00	\$406,000.00
	Retiro de poste de concreto de CFE	Pza	218.00	\$5,800.00	\$1,264,400.00
	Retiro e instalación de línea de baja tensión Al-ACSR 3/0-1/0	Km	1.25	\$23,200.00	\$29,000.00
	Retiro e instalación de acometidas subterráneas particulares de media tensión sistema de 200 a 600 A	Pza	30.00	\$220,400.00	\$6,612,000.00
	Renivelación de registros de CFE, con tabique de barro rojo recocido 6x12x24 de 12 cm de espesor asentado con mortero cemento arena prop. 1:4 juntas de 1.5 cms. de espesor, acabado común	Pza	50.00	\$4,060.00	\$203,000.00
Obras inducidas Jardinería y mobiliario completo	Ciprés italianos de 1.8 mts de altura promedio	Pza	120.00	\$522.00	\$62,640.00
	Planta de ornato tipo ficus con una altura de 2 mts aproximadamente en áreas verdes	Pza	200.00	\$290.00	\$58,000.00
	pedra decorativa bola blanca de rio para jardín en saco de 10kg c/u	Saco	200.00	\$174.00	\$34,800.00
	Tierra vegetal para áreas verdes en camellón central	m <sup>3</sup>	1,152.00	\$556.80	\$641,433.60
	Tala, desenraice y retiro de árboles, de Ø=30 a 45 cm.	Pza	110.00	\$5,220.00	\$574,200.00
<b>Total</b>					<b>\$158,970,000.00</b>

Fuente: Presupuesto elaborado por el Departamento de Precios Unitarios de la Junta de Caminos del Estado de México, 2021



## h) Financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Proceso	Monto	Porcentaje
Federales				
Estatales	PAD	Por ejercer		100.00%
Municipales				
Fideicomisos				
Otros				
<b>Total</b>				<b>100%</b>

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## i) Capacidad Instalada

La capacidad instalada resultante de la implementación del proyecto permitirá incrementar el nivel de servicios y seguridad operativa en el camino. El diseño operacional permitirá incrementar la seguridad de los 13,098 vehículos motorizados que circulan diariamente en la situación actual. Para tal efecto se toman como tasa de crecimiento el 1.4% obtenida del PIB del primer trimestre del año 2019 emitido por el INEGI. Además, el camino presentará un Nivel de servicio Tipo B, de acuerdo con el Manual de Proyecto geométrico 2018 publicado por la SCT.

**Tabla 35 Capacidad instalada del proyecto**

Clasificación vehicular				TDPA	0.00
Año	A	B	C	Total Día	Total Anual 365
0	11,220	406	1,472	13,098	4,780,770
1	11,377	411	1,493	13,281	4,847,701
2	11,537	417	1,514	13,467	4,915,569
3	11,698	423	1,535	13,656	4,984,387
4	11,862	429	1,556	13,847	5,054,168
5	12,028	435	1,578	14,041	5,124,926
6	12,196	441	1,600	14,237	5,196,675
7	12,367	447	1,623	14,437	5,269,429
8	12,540	453	1,645	14,639	5,343,201
9	12,716	460	1,668	14,844	5,418,006
10	12,894	466	1,692	15,052	5,493,858
11	13,074	473	1,715	15,262	5,570,772
12	13,257	479	1,739	15,476	5,648,762
13	13,443	486	1,764	15,693	5,727,845
14	13,631	493	1,788	15,912	5,808,035
15	13,822	500	1,813	16,135	5,889,347
16	14,016	507	1,839	16,361	5,971,798
17	14,212	514	1,865	16,590	6,055,403
18	14,411	521	1,891	16,822	6,140,179
19	14,613	528	1,917	17,058	6,226,142
20	14,817	536	1,944	17,297	6,313,308

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## j) Metas del proyecto

A continuación, se presentan las metas correspondientes al proyecto.

**Tabla 36 Metas del Proyecto**

Metas		
Concepto	Unidad	Cantidad
Modernización de Av. de las partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca.	km	3.20
Guarniciones de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup> , de 0.09 m <sup>2</sup> de sección transversal.	m	12,556.80
Banquetas de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup> , de 0.10 m de espesor.	m <sup>2</sup>	9,417.60
Rayas continuas y discontinuas separadoras de carriles y en la orilla del camino	m	16,475.00
Raya guía en la zona de transición de 15 cm de ancho	m	633.00
Rayas de alto de 60 cm de ancho	m	213.00
Rayas para cruce de peatones en vías primarias	pza	1,493.00
Rayas con espaciamiento logarítmico de 60 cm de ancho	m	350.00
Flechas, letras y números	pza	157.00
Marcas en guarniciones.	m	12,556.80
Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento	pza	3,644.00
Señales verticales	pza	52.00
Ciprés italianos de 1.8 mts de altura promedio	pza	120.00
Planta de ornato tipo ficus con una altura de 2 mts aproximadamente	pza	200.00
piedra decorativa bola blanca	saco	200.00

*Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021*

## k) Vida Útil

La vida útil de Av. las Partidas del km 1+000 al km 4+200 corresponde a 20 años.

## l) Aspectos más Relevantes

### Estudios técnicos

El proyecto se realizó de acuerdo con la normatividad vigente de la SCT y normativa estatal. Además, cuenta con el visto bueno correspondiente.

La JCEM se compromete a cumplir con todas las factibilidades técnicas antes del inicio de la obra.

### Estudios legales

La JCEM se compromete a cumplir con todas las factibilidades legales antes del inicio de la obra.

### **Estudios ambientales**

Al tratarse de trabajos de modernización será necesario presentar una Exención o Manifestación de impacto ambiental según lo requiera la instancia encargada. La JCEM se compromete a cumplir con todas las factibilidades ambientales antes del inicio de la obra.

## **m) Análisis de la Oferta Con Proyecto**

Como se mencionó anteriormente el proyecto consiste en modernizar el tramo del km 1+000 al km 4+200 de Av. las Partidas ubicada en el municipio de Lerma y Toluca. Para ello, se pretende pasar de uno a dos carriles de circulación por sentido, los cuales se distribuirán en una corona con dos calzadas de 2 carriles de circulación (una por sentido) separadas por un camellón de ancho variable y acotamientos interiores y exteriores a las orillas de la Avenida.

A lo largo de una longitud de 3,200 m las calzadas tendrán un ancho de 9 metros cada una, con dos carriles de circulación de 3.50 m cada uno y acotamientos a las orillas. La superficie de rodamiento será de carpeta asfáltica. Además, contará con banquetas, guarniciones, obras de drenaje y señalamiento horizontal y vertical.

A continuación, se presentan las características físicas y geométricas con las que contará Av. las Partidas:

**Tabla 37 Características físicas y geométricas de la Avenida en la Situación Con proyecto, 2020**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Tramo	Del km 1+000 al km 4+200
Longitud del tramo (km)	3.20 km
Municipio (s)	Lerma y Toluca
Localidad (es)	<b>Lerma.</b> Cabecera municipal de Lerma Col. Isidro Fabela Col. Los Cedros <b>Toluca.</b> El Cerrillo San Pedro Totoltepec
Tipo de terreno	Plano
Numero de cuerpos	2
Sentidos de circulación	2
Camellón	Existente con anchos variables
Ancho de calzada (m)	9 metros cada una
Número de carriles	4 (dos carriles por calzada y sentido de circulación)
Ancho promedio de carril (m)	3.50 metros
Acotamientos	Existentes (a las orillas de la avenida)
Ancho de los acotamientos:	Exteriores=1.50 m Interiores=0.50 m
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en buen estado
Índice de rugosidad (m/km)	3 mm/m

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

CARACTERÍSTICAS	
Obras de drenaje	Tubería y Pozos de visita existentes en buen estado
Condiciones de señalamiento	Visible
Pendiente media ascendente (%)	0.80%
Pendiente media descendente (%)	-0.80%
Proporción de viaje ascendente (%)	59.31%
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2576
Curvatura horizontal máx. (grados)	0
Nivel de Servicio	B

Fuente: Elaboración propia con base en las características promedio obtenidas en trabajo de campo

Al llevar a cabo los trabajos de ejecución del proyecto, se tienen las características anteriores a lo largo de 3200 metros de Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 y se evitará congestión, bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje.

### Nivel de servicio

La capacidad y nivel de servicio en el que opera un camino, se clasifica en seis diferentes niveles dependiendo del tránsito vehicular que circula por ese tramo. La metodología empleada para el cálculo es la que se describe en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el resultado se obtuvo en base a los datos obtenidos en campo cuando se llevó a cabo la encuesta y los aforos viales.

De acuerdo a esto, el nivel de Servicio Carretero la Av. las partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 es un tipo de servicio Tipo B.

Tabla 38 Nivel de Servicio de carreteras

Nivel de Servicio	Carreteras de dos carriles
A	Corresponde a una condición de tránsito libre, con volúmenes vehiculares bajos y velocidades altas. La densidad es baja y la velocidad depende del deseo de los conductores, dentro de los límites establecidos por las condiciones del camino
B	Corresponde a la zona de tránsito estable, con velocidades de operación que empiezan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen una libertad razonable de elegir sus velocidades y el carril de operación.
C	Se encuentra en la zona de tránsito estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobrar dependen del volumen de tránsito. Se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

D	Empieza a tener tránsito inestable, con velocidades de operación aun satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación.
E	El flujo viaja a velocidades constantes pero significativamente bajas, más que en cualquiera de sus niveles predecesores; el volumen de tránsito corresponde a la capacidad, así también el flujo de tránsito no puede elegir sus maniobras con libertad.
F	Se caracteriza porque el tránsito fluye en forma forzada; con paradas continuas

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carretera 2018, SCT

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC\\_2018\\_310718.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_310718.pdf)





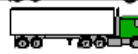



Fuente: Elaboración propia con base en las características promedio obtenidas en trabajo de campo

## n) Análisis de la Demanda con Proyecto

La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino. Para fines del presente proyecto, este análisis vincula el análisis de demanda de los vehículos que utiliza la vialidad en sentido Sur-Norte y Norte-Sur.

En los aforos realizados, se clasifico el tránsito, de acuerdo con los criterios establecidos por la S.C.T. Federal, que denomina automóviles "A", autobuses "B" y camiones "C", existiendo subclasificaciones de camiones, de acuerdo con el número de ejes y la combinación de semirremolque, a continuación, se presenta la clasificación de lo antes descrito:

Ilustración 21 Composición vehicular de acuerdo a la SCT

A	
B	
C2	
C3	
T3S2	
T3S3	
T3S2-R4	
OTRO	

### 1. Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), el aforo vehicular es importante ya que refleja la demanda o importancia de dichas calles.

Para la vialidad en estudio se cuenta con datos obtenidos en campo por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México los cuales arrojan la siguiente información al año 2021, teniendo como resultado el siguiente TDPA:

**Tabla 39 TDPA proyecto**

HORAS DE DEMANDA	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	4467
MEDIA CONGESTIÓN	7365
BAJA CONGESTIÓN	1266
<b>TOTAL</b>	<b>13098</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México

### 2. Composición vehicular

La composición vehicular para la vialidad en estudio se divide con referencia a los datos obtenidos en campo de la siguiente forma:

**Tabla 40 Composición vehicular**

	A	B	C	TOTAL
ALTA CONGESTIÓN	87.00%	3.00%	10.00%	100.00%
MEDIA CONGESTIÓN	86.00%	3.00%	11.00%	100.00%
BAJA CONGESTIÓN	79.00%	4.00%	17.00%	100.00%

Fuente: Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México

### 3. Periodización

La periodicidad del camino en estudio resulta indispensable para obtener los aforos horarios a lo largo del día, para así conocer los periodos de alta, media y baja congestión.

**Tabla 41 Periodicidad**

Horas de demanda	Horas al día	T.D.P.A.
ALTA	6	4467
MEDIA	11	7365
BAJA	7	1266
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>13098</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México, 2019

Véase Anexo IV. Estudio de transito

### 5. Tasa de ocupación vehicular

La tasa de ocupación vehicular señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad.

Tabla 42 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: *Publicación Técnica No. 590, IMT*

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt590.pdf>

Con el objeto de conocer el comportamiento de las corrientes de tránsito durante todo el año, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes instaló un conjunto de aparatos automáticos contadores de vehículos, distribuidos en diferentes tramos de la red carretera. Con este mismo propósito también se dispone de los volúmenes de tránsito que se registran en las casetas de cobro de Autopistas y Puentes de cuota, que constituyen una de las fuentes más completas de información, en virtud de que su sistema de operación exige una clasificación detallada del tipo de vehículos que utilizan las obras a su cargo. Esta información, entre otras aplicaciones, es utilizada para correlacionar sus variaciones con los resultados de los conteos vehiculares que se efectúan en la red de carreteras para hacerlos representativos para todo el año.

Para obtener la tasa de crecimiento del presente proyecto se revisaron los datos históricos de incremento del tráfico en la zona de influencia del proyecto, tomando como reseña los datos históricos del libro de Datos Viales editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de los años 2014 al 2020. Para el caso del presente proyecto se toman en cuenta las lecturas sobre la Carretera México- Toluca en el punto Izq. San Mateo Atenco (Baja), debido a la cercanía den tramo en estudio, ya que no existe un registro de los datos Viales sobre Av. las Partidas.

La metodología utilizada para calcular la tasa de crecimiento anual es la siguiente:

$$TMACP = \left[ \left( \frac{N_f}{N_i} \right)^{\left( \frac{1}{t} \right)} \right] - 1$$

Dónde:

TMACP: tasa media anual de crecimiento poblacional.<sup>12</sup>

N<sub>i</sub>: población en el momento inicial del periodo

N<sub>f</sub>: población al final del período.

t : tiempo transcurrido entre i y f.

Aunado a lo anterior se obtienen siguientes tasas de crecimiento para cada tramo y año.

<sup>12</sup>[http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13\\_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf](http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf)

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

**Tabla 43 Tasa de crecimiento**

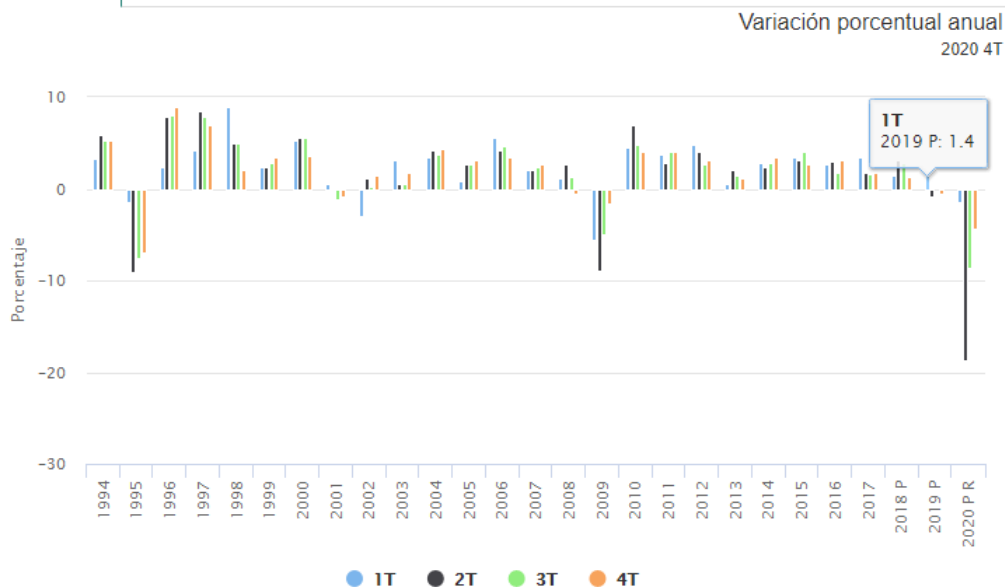
Año	TDPA	Tasa de Crecimiento anual	
2014	13,815.00	2014-2015	14.77%
2015	15,856.00	2015-2016	10.32%
2016	17,492.00	2016-2017	6.40%
2017	18,611.00	2017-2018	10.77%
2018	20,616.00	2018-2019	-16.06%
2019	17,305.00	2019-2020	3.21%
2020	17,860.00	Promedio	4.90%

Fuente: Elaboración propia con datos del libro de datos viales SCT

Como se puede observar la tasa de crecimiento resultante de la evaluación de los datos viales de la SCT es alta por lo que se recurra a utilizar el PIB del primer periodo del año 2019, publicado por el INEGI para no sobrevalorar los beneficios del proyecto.

Por lo tanto, la tasa de crecimiento para la proyección de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación será de 1.4% de acuerdo al PIB.

**Ilustración 22 PIB del primer trimestre del año 2019**



Fuente: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

A continuación, se presenta el cálculo de la demanda en la situación con proyecto y sus proyecciones a lo largo del horizonte de evaluación.

**Tabla 44 Proyección del TDPA**

<b>Alta Congestión</b>						
<b>Proyección del Transito Diario Promedio Anual</b>						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	4,467.00
1.40%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		87.00%	3.00%	10.00%	100.00%	365
0	2021	3,886	134	447	4,467	1,630,455
1	2022	3,941	136	453	4,530	1,653,281
2	2023	3,996	138	459	4,593	1,676,427
3	2024	4,052	140	466	4,657	1,699,897
4	2025	4,109	142	472	4,722	1,723,696
5	2026	4,166	144	479	4,789	1,747,828
6	2027	4,224	146	486	4,856	1,772,297
7	2028	4,284	148	492	4,924	1,797,109
8	2029	4,343	150	499	4,993	1,822,269
9	2030	4,404	152	506	5,062	1,847,781
10	2031	4,466	154	513	5,133	1,873,650
11	2032	4,528	156	521	5,205	1,899,881
12	2033	4,592	158	528	5,278	1,926,479
13	2034	4,656	161	535	5,352	1,953,450
14	2035	4,721	163	543	5,427	1,980,798
15	2036	4,787	165	550	5,503	2,008,529
16	2037	4,854	167	558	5,580	2,036,649
17	2038	4,922	170	566	5,658	2,065,162
18	2039	4,991	172	574	5,737	2,094,074
19	2040	5,061	175	582	5,818	2,123,391
20	2041	5,132	177	590	5,899	2,153,118

<b>Media Congestión</b>						
<b>Proyección del Transito Diario Promedio Anual</b>						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	7,365.00
1.40%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		86.00%	3.00%	11.00%	100.00%	365
0	2021	6,334	221	810	7,365	2,688,225
1	2022	6,423	224	821	7,468	2,725,860
2	2023	6,512	227	833	7,573	2,764,022
3	2024	6,604	230	845	7,679	2,802,719
4	2025	6,696	234	856	7,786	2,841,957
5	2026	6,790	237	868	7,895	2,881,744

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

6	2027	6,885	240	881	8,006	2,922,088
7	2028	6,981	244	893	8,118	2,962,998
8	2029	7,079	247	905	8,231	3,004,480
9	2030	7,178	250	918	8,347	3,046,542
10	2031	7,279	254	931	8,464	3,089,194
11	2032	7,381	257	944	8,582	3,132,443
12	2033	7,484	261	957	8,702	3,176,297
13	2034	7,589	265	971	8,824	3,220,765
14	2035	7,695	268	984	8,948	3,265,856
15	2036	7,803	272	998	9,073	3,311,578
16	2037	7,912	276	1,012	9,200	3,357,940
17	2038	8,023	280	1,026	9,329	3,404,951
18	2039	8,135	284	1,041	9,459	3,452,620
19	2040	8,249	288	1,055	9,592	3,500,957
20	2041	8,364	292	1,070	9,726	3,549,970

#### Baja Congestión

Proyección del Tránsito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	1,266.00
1.40%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		79.00%	4.00%	17.00%	100.00%	365
0	2021	1,000	51	215	1,266	462,090
1	2022	1,014	51	218	1,284	468,559
2	2023	1,028	52	221	1,302	475,119
3	2024	1,043	53	224	1,320	481,771
4	2025	1,057	54	228	1,338	488,516
5	2026	1,072	54	231	1,357	495,355
6	2027	1,087	55	234	1,376	502,290
7	2028	1,102	56	237	1,395	509,322
8	2029	1,118	57	241	1,415	516,452
9	2030	1,133	57	244	1,435	523,683
10	2031	1,149	58	247	1,455	531,014
11	2032	1,165	59	251	1,475	538,448
12	2033	1,182	60	254	1,496	545,987
13	2034	1,198	61	258	1,517	553,630
14	2035	1,215	62	261	1,538	561,381
15	2036	1,232	62	265	1,560	569,241
16	2037	1,249	63	269	1,581	577,210
17	2038	1,267	64	273	1,604	585,291
18	2039	1,285	65	276	1,626	593,485
19	2040	1,303	66	280	1,649	601,794
20	2041	1,321	67	284	1,672	610,219

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## **o) Diagnóstico De La Interacción de La Oferta- Demanda Con Proyecto**

Al llevar a cabo el proyecto, se contarán con una superficie de rodamiento en buen estado y un IRI de 3 mm/m, lo cual nos indica que hay una mejora notoria sobre la situación actual y sin proyecto. Por lo que, se evitará el congestionamiento, disminuirán los tiempos de traslado, aumentarán las velocidades y los costos generalizados de viaje serán menores.

La relación que tiene la oferta y la demanda es el costo en el que incurren los vehículos al circular por las calles. Al ser estimados se toman en cuenta diferentes características del camino y vehículo como: costos de operación, mantenimiento del vehículo, costo del tiempo de las personas que transitan, costos de los hidrocarburos, costos del mantenimiento vehicular, valor del tiempo de los usuarios, valor del tiempo de los choferes de las unidades, condiciones físicas de la carretera, altitud de promedio de la carretera, entre otros.

Así entonces, el CGV es el costo en el que incurre el usuario de un camino, por trasladarse entre un cierto origen y un destino en donde influyen tanto los costos de operación vehicular (COV) (combustible, lubricantes, neumáticos, refacciones, etc.), como los costos del tiempo del recorrido (CTR). La sumatoria de estos dos elementos dan como resultado los Costos Generalizados de Viaje por tipo de vehículo.

- **Velocidad y Tiempo de Recorrido**

El cálculo del tiempo de recorrido en una red en la que se presenta la situación de ruta con proyecto (situación deseable o futura), se realiza en gabinete con base en la velocidad de proyecto, misma que dependerá de las características geométricas de los tramos que integran la nueva ruta. Para el presente proyecto las velocidades de circulación para Av. las Partidas del tramo del km 1+000 al km 4+200 se incrementarán debido al aumentar la oferta geométrica de contar con un carril más de circulación por sentido, además de mejorar la superficie de rodamiento. Dicho lo anterior se considera que la velocidad máxima de circulación es de 60 km/hr de acuerdo al proyecto geométrico y condiciones de la zona.

Se considera la misma velocidad para las tres situaciones (alta, media y baja congestión), ya que al ejecutar el proyecto se evitará el congestionamiento permitiendo a los usuarios circular de forma cómoda, segura y fluida. Es decir, al contar con una mayor oferta geométrica se elevarán las velocidades de recorrido al permitir que la demanda de la avenida cuente con otro carril de operación por sentido de circulación.

En la siguiente tabla se muestran las velocidades y tiempos de recorrido de acuerdo a las características de la Situación con Proyecto:

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Tabla 45 Velocidades en situación con proyecto de Av. las Partidas

Alta Congestión			
Situación Con Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	60.00	55.00	50.00
Vel. Prom (km/hr)	55		
Tiempo de recorrido	00:03:12	00:03:29	00:03:50

Media Congestión			
Situación Con Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	60.00	55.00	50.00
Vel. Prom (km/hr)	55		
Tiempo de recorrido	00:03:12	00:03:29	00:03:50

Baja Congestión			
Situación Con Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	60.00	55.00	50.00
Vel. Prom (km/hr)	55		
Tiempo de recorrido	00:03:12	00:03:29	00:03:50

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

Es notable que las velocidades aumentaron en gran medida, por lo tanto, los tiempos de recorrido se reducen en gran medida, mejorando sustancialmente las condiciones de operación de los usuarios que circulan por Av. las Partidas. A continuación se presentan el ahorro de tiempo de acuerdo a la situación sin proyecto.

Tabla 46 Ahorros en tiempo de traslado

Ahorro de Tiempo			
Clasificación	A	B	C
Alta congestión	0:03:12	0:04:11	0:05:46
Media Congestión	0:01:51	0:02:55	0:03:50
Baja Congestión	0:01:04	0:02:20	0:02:34

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

- **Costos de Operación Vehicular**

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso del modelo computacional VOC-MEX, el cual arroja los resultados base por cada 1,000 vehículos-kilómetro. Los insumos básicos que se ingresaron para las corridas del VOC-MEX son los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 590 2020, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

En la siguiente tabla se muestran los resultados arrojados por el programa VOC-MEX, para el caso de cada tipo de vehículo del presente proyecto:

**Tabla 47 Costos de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo**

<b>Alta Congestión</b>			
<b>Situación Con Proyecto</b>			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	3		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 5,984.83	\$ 16,044.87	\$ 10,380.81
COV (\$/km)/vehículo	\$ 5.98	\$ 16.04	\$ 10.38

<b>Media Congestión</b>			
<b>Situación Con Proyecto</b>			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	3		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 5,984.83	\$ 16,044.87	\$ 10,380.81
COV (\$/km)/vehículo	\$ 5.98	\$ 16.04	\$ 10.38

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Baja Congestión			
Situación Con Proyecto			
Longitud (km)	3.20		
IRI (m/km)	3		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 5,984.83	\$ 16,044.87	\$ 10,380.81
COV (\$/km)/vehículo	\$ 5.98	\$ 16.04	\$ 10.38

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

Para obtención de los COV del presente proyecto se hizo uso del modelo computacional VOC-MEX, el cual arroja los resultados base por cada 1,000 vehículo-kilómetros. Los insumos básicos que se ingresaron para las corridas del VOC-MEX son los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 590 2020 (Anexo VI), así como las características técnicas de los vehículos que operan en México y las velocidades registradas por el departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México.

Los resultados obtenidos del software se presentan en el Anexo VII.

- **Costo del Tiempo de Recorrido (CRT)**

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios.

Con la publicación de los resultados del Censo 2010, se realizó una actualización de los factores de ingresos y horas trabajadas aplicando la metodología propuesta por Torres (2012), cuyas expresiones básicas y valores se muestran a continuación.

$$SHP = \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$
$$VT_{pp} = 0.3 * 2 * \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$

Dónde:

SHP= Valor tiempo por motivo de trabajo

VT<sub>pp</sub>= Valor del tiempo por motivo de placer

SMGP = salario mínimo por hora (en pesos)

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

HTPcenso2010 = promedio de las horas trabajadas por semana = 41.444

FIP censo2010 = factor de ingreso promedio de la población (en SMGP) = 3.367

H = ingreso horario familiar = 2\*FIP\*SMH

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 48 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	141.7
Valor tiempo por motivo de trabajo	<b>80.58</b>
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	<b>48.35</b>
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	20.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	15.00

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2020, NOTAS núm. 182, ENERO-FEBRERO 2020, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

A continuación, se presentan los resultados de los CGV's correspondientes a la situación con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 49 Costos representativos de la situación con proyecto

Alta congestión								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			1.40%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	\$5.98	\$16.04	\$10.38	\$27,546,597.71	\$2,546,561.41	\$5,491,966.87	\$35,585,126.00
2	2023	\$6.07	\$16.27	\$10.53	\$28,323,301.58	\$2,618,364.25	\$5,646,818.37	\$36,588,484.21
3	2024	\$6.15	\$16.50	\$10.67	\$29,121,905.40	\$2,692,191.65	\$5,806,036.06	\$37,620,133.11
4	2025	\$6.24	\$16.73	\$10.82	\$29,943,026.64	\$2,768,100.69	\$5,969,743.05	\$38,680,870.38
5	2026	\$6.33	\$16.96	\$10.97	\$30,787,300.22	\$2,846,150.06	\$6,138,065.93	\$39,771,516.20
6	2027	\$6.42	\$17.20	\$11.13	\$31,655,378.94	\$2,926,400.10	\$6,311,134.83	\$40,892,913.87
7	2028	\$6.51	\$17.44	\$11.28	\$32,547,934.00	\$3,008,912.88	\$6,489,083.59	\$42,045,930.47
8	2029	\$6.60	\$17.68	\$11.44	\$33,465,655.55	\$3,093,752.19	\$6,672,049.79	\$43,231,457.53
9	2030	\$6.69	\$17.93	\$11.60	\$34,409,253.17	\$3,180,983.62	\$6,860,174.91	\$44,450,411.71
10	2031	\$6.78	\$18.18	\$11.76	\$35,379,456.47	\$3,270,674.64	\$7,053,604.40	\$45,703,735.51
11	2032	\$6.88	\$18.44	\$11.93	\$36,377,015.63	\$3,362,894.58	\$7,252,487.83	\$46,992,398.04
12	2033	\$6.97	\$18.70	\$12.10	\$37,402,701.96	\$3,457,714.76	\$7,456,978.98	\$48,317,395.70
13	2034	\$7.07	\$18.96	\$12.27	\$38,457,308.55	\$3,555,208.48	\$7,667,235.96	\$49,679,752.98
14	2035	\$7.17	\$19.22	\$12.44	\$39,541,650.82	\$3,655,451.14	\$7,883,421.34	\$51,080,523.30

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

15	2036	\$7.27	\$19.49	\$12.61	\$40,656,567.20	\$3,758,520.24	\$8,105,702.29	\$52,520,789.74
16	2037	\$7.37	\$19.77	\$12.79	\$41,802,919.77	\$3,864,495.48	\$8,334,250.67	\$54,001,665.92
17	2038	\$7.48	\$20.04	\$12.97	\$42,981,594.90	\$3,973,458.79	\$8,569,243.20	\$55,524,296.89
18	2039	\$7.58	\$20.32	\$13.15	\$44,193,503.95	\$4,085,494.44	\$8,810,861.58	\$57,089,859.97
19	2040	\$7.69	\$20.61	\$13.33	\$45,439,583.99	\$4,200,689.04	\$9,059,292.64	\$58,699,565.66
20	2041	\$7.79	\$20.90	\$13.52	\$46,720,798.50	\$4,319,131.67	\$9,314,728.45	\$60,354,658.62

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)			Situación Sin Proyecto			Total		
Año	A	B	C	A	B		C	
0	2021				-	-	-	
1	2022	60.00	55.00	50.00	\$10,879,946.55	\$4,706,685.34	\$3,174,300.23	\$18,760,932.13
2	2023	59.16	54.23	49.30	\$11,188,910.55	\$4,840,343.75	\$3,264,442.63	\$19,293,696.93
3	2024	58.33	53.47	48.61	\$11,506,648.38	\$4,977,797.73	\$3,357,144.86	\$19,841,590.96
4	2025	57.52	52.72	47.93	\$11,833,409.18	\$5,119,155.07	\$3,452,479.60	\$20,405,043.85
5	2026	56.71	51.98	47.26	\$12,169,449.20	\$5,264,526.61	\$3,550,521.61	\$20,984,497.43
6	2027	55.92	51.26	46.60	\$12,515,031.94	\$5,414,026.35	\$3,651,347.79	\$21,580,406.08
7	2028	55.13	50.54	45.94	\$12,870,428.38	\$5,567,771.53	\$3,755,037.18	\$22,193,237.08
8	2029	54.36	49.83	45.30	\$13,235,917.22	\$5,725,882.68	\$3,861,671.09	\$22,823,470.99
9	2030	53.60	49.13	44.67	\$13,611,785.05	\$5,888,483.82	\$3,971,333.15	\$23,471,602.02
10	2031	52.85	48.45	44.04	\$13,998,326.61	\$6,055,702.42	\$4,084,109.35	\$24,138,138.38
11	2032	52.11	47.77	43.42	\$14,395,845.02	\$6,227,669.63	\$4,200,088.11	\$24,823,602.76
12	2033	51.38	47.10	42.82	\$14,804,651.97	\$6,404,520.29	\$4,319,360.39	\$25,528,532.65
13	2034	50.66	46.44	42.22	\$15,225,068.06	\$6,586,393.08	\$4,442,019.71	\$26,253,480.84
14	2035	49.95	45.79	41.63	\$15,657,422.93	\$6,773,430.61	\$4,568,162.26	\$26,999,015.80
15	2036	49.25	45.15	41.04	\$16,102,055.63	\$6,965,779.55	\$4,697,886.95	\$27,765,722.13
16	2037	48.56	44.52	40.47	\$16,559,314.82	\$7,163,590.74	\$4,831,295.50	\$28,554,201.05
17	2038	47.88	43.89	39.90	\$17,029,559.05	\$7,367,019.28	\$4,968,492.53	\$29,365,070.86
18	2039	47.21	43.28	39.34	\$17,513,157.08	\$7,576,224.69	\$5,109,585.63	\$30,198,967.39
19	2040	46.55	42.67	38.79	\$18,010,488.11	\$7,791,371.03	\$5,254,685.42	\$31,056,544.56
20	2041	45.90	42.07	38.25	\$18,521,942.13	\$8,012,627.00	\$5,403,905.70	\$31,938,474.83

CGV'S Anuales (\$)					
Año	A	B	C	Total	
0	2021	-	-	-	
1	2022	\$38,426,544.27	\$7,253,246.75	\$8,666,267.10	\$54,346,058.12
2	2023	\$39,512,212.14	\$7,458,708.00	\$8,911,261.00	\$55,882,181.14
3	2024	\$40,628,553.77	\$7,669,989.38	\$9,163,180.91	\$57,461,724.07
4	2025	\$41,776,435.82	\$7,887,255.76	\$9,422,222.65	\$59,085,914.23
5	2026	\$42,956,749.42	\$8,110,676.67	\$9,688,587.54	\$60,756,013.63
6	2027	\$44,170,410.87	\$8,340,426.46	\$9,962,482.62	\$62,473,319.95
7	2028	\$45,418,362.38	\$8,576,684.41	\$10,244,120.77	\$64,239,167.56
8	2029	\$46,701,572.77	\$8,819,634.87	\$10,533,720.88	\$66,054,928.52
9	2030	\$48,021,038.22	\$9,069,467.44	\$10,831,508.06	\$67,922,013.72



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

10	2031	\$49,377,783.09	\$9,326,377.06	\$11,137,713.75	\$69,841,873.90
11	2032	\$50,772,860.65	\$9,590,564.21	\$11,452,575.94	\$71,816,000.80
12	2033	\$52,207,353.94	\$9,862,235.05	\$11,776,339.37	\$73,845,928.35
13	2034	\$53,682,376.60	\$10,141,601.56	\$12,109,255.67	\$75,933,233.83
14	2035	\$55,199,073.75	\$10,428,881.75	\$12,451,583.60	\$78,079,539.10
15	2036	\$56,758,622.83	\$10,724,299.79	\$12,803,589.24	\$80,286,511.86
16	2037	\$58,362,234.59	\$11,028,086.21	\$13,165,546.17	\$82,555,866.97
17	2038	\$60,011,153.95	\$11,340,478.07	\$13,537,735.74	\$84,889,367.75
18	2039	\$61,706,661.02	\$11,661,719.13	\$13,920,447.21	\$87,288,827.36
19	2040	\$63,450,072.09	\$11,992,060.07	\$14,313,978.06	\$89,756,110.22
20	2041	\$65,242,740.63	\$12,331,758.67	\$14,718,634.15	\$92,293,133.45

**Media Congestión**

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)			Situación Sin Proyecto			TC		
Costo de Operación (\$/veh/km)			Costo de Operación (\$)			1.40%		
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	\$5.98	\$16.04	\$10.38	\$44,895,619.03	\$4,198,662.36	\$9,960,414.06	\$59,054,695.45
2	2023	\$6.07	\$16.27	\$10.53	\$46,161,495.90	\$4,317,047.85	\$10,241,257.89	\$60,719,801.64
3	2024	\$6.15	\$16.50	\$10.67	\$47,463,065.44	\$4,438,771.33	\$10,530,020.40	\$62,431,857.17
4	2025	\$6.24	\$16.73	\$10.82	\$48,801,334.03	\$4,563,926.93	\$10,826,924.86	\$64,192,185.82
5	2026	\$6.33	\$16.96	\$10.97	\$50,177,336.45	\$4,692,611.41	\$11,132,200.83	\$66,002,148.69
6	2027	\$6.42	\$17.20	\$11.13	\$51,592,136.62	\$4,824,924.28	\$11,446,084.37	\$67,863,145.27
7	2028	\$6.51	\$17.44	\$11.28	\$53,046,828.51	\$4,960,967.85	\$11,768,818.16	\$69,776,614.52
8	2029	\$6.60	\$17.68	\$11.44	\$54,542,536.89	\$5,100,847.29	\$12,100,651.76	\$71,744,035.94
9	2030	\$6.69	\$17.93	\$11.60	\$56,080,418.26	\$5,244,670.79	\$12,441,841.73	\$73,766,930.78
10	2031	\$6.78	\$18.18	\$11.76	\$57,661,661.73	\$5,392,549.52	\$12,792,651.90	\$75,846,863.16
11	2032	\$6.88	\$18.44	\$11.93	\$59,287,489.94	\$5,544,597.85	\$13,153,353.52	\$77,985,441.31
12	2033	\$6.97	\$18.70	\$12.10	\$60,959,160.01	\$5,700,933.33	\$13,524,225.47	\$80,184,318.81
13	2034	\$7.07	\$18.96	\$12.27	\$62,677,964.49	\$5,861,676.85	\$13,905,554.53	\$82,445,195.87
14	2035	\$7.17	\$19.22	\$12.44	\$64,445,232.37	\$6,026,952.69	\$14,297,635.55	\$84,769,820.61
15	2036	\$7.27	\$19.49	\$12.61	\$66,262,330.14	\$6,196,888.64	\$14,700,771.68	\$87,159,990.47
16	2037	\$7.37	\$19.77	\$12.79	\$68,130,662.80	\$6,371,616.12	\$15,115,274.64	\$89,617,553.56
17	2038	\$7.48	\$20.04	\$12.97	\$70,051,674.97	\$6,551,270.20	\$15,541,464.92	\$92,144,410.10
18	2039	\$7.58	\$20.32	\$13.15	\$72,026,852.00	\$6,735,989.82	\$15,979,672.07	\$94,742,513.89
19	2040	\$7.69	\$20.61	\$13.33	\$74,057,721.12	\$6,925,917.79	\$16,430,234.90	\$97,413,873.81
20	2041	\$7.79	\$20.90	\$13.52	\$76,145,852.62	\$7,121,200.97	\$16,893,501.81	\$100,160,555.40

**Valor Tiempo**

Velocidad de Recorrido (km/hr)		Situación Sin Proyecto			Total			
		Valor Tiempo						
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	60.00	55.00	50.00	\$17,732,205.64	\$7,760,183.02	\$5,757,016.64	\$31,249,405.30

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

2	2023	59.16	54.23	49.30	\$18,235,757.12	\$7,980,553.33	\$5,920,501.90	\$32,136,812.35
3	2024	58.33	53.47	48.61	\$18,753,608.24	\$8,207,181.62	\$6,088,629.74	\$33,049,419.59
4	2025	57.52	52.72	47.93	\$19,286,165.06	\$8,440,245.60	\$6,261,532.00	\$33,987,942.67
5	2026	56.71	51.98	47.26	\$19,833,845.21	\$8,679,928.03	\$6,439,344.27	\$34,953,117.51
6	2027	55.92	51.26	46.60	\$20,397,078.13	\$8,926,416.86	\$6,622,205.97	\$35,945,700.97
7	2028	55.13	50.54	45.94	\$20,976,305.50	\$9,179,905.37	\$6,810,260.51	\$36,966,471.38
8	2029	54.36	49.83	45.30	\$21,571,981.52	\$9,440,592.34	\$7,003,655.33	\$38,016,229.19
9	2030	53.60	49.13	44.67	\$22,184,573.29	\$9,708,682.18	\$7,202,542.09	\$39,095,797.56
10	2031	52.85	48.45	44.04	\$22,814,561.17	\$9,984,385.12	\$7,407,076.75	\$40,206,023.05
11	2032	52.11	47.77	43.42	\$23,462,439.18	\$10,267,917.36	\$7,617,419.71	\$41,347,776.24
12	2033	51.38	47.10	42.82	\$24,128,715.34	\$10,559,501.22	\$7,833,735.88	\$42,521,952.44
13	2034	50.66	46.44	42.22	\$24,813,912.13	\$10,859,365.35	\$8,056,194.91	\$43,729,472.39
14	2035	49.95	45.79	41.63	\$25,518,566.83	\$11,167,744.89	\$8,284,971.24	\$44,971,282.96
15	2036	49.25	45.15	41.04	\$26,243,232.02	\$11,484,881.66	\$8,520,244.26	\$46,248,357.94
16	2037	48.56	44.52	40.47	\$26,988,475.93	\$11,811,024.35	\$8,762,198.46	\$47,561,698.73
17	2038	47.88	43.89	39.90	\$27,754,882.95	\$12,146,428.69	\$9,011,023.56	\$48,912,335.21
18	2039	47.21	43.28	39.34	\$28,543,054.07	\$12,491,357.70	\$9,266,914.70	\$50,301,326.47
19	2040	46.55	42.67	38.79	\$29,353,607.33	\$12,846,081.85	\$9,530,072.52	\$51,729,761.70
20	2041	45.90	42.07	38.25	\$30,187,178.33	\$13,210,879.31	\$9,800,703.38	\$53,198,761.02

		CGV'S Anuales (\$)			
Año		A	B	C	Total
0	2021	-	-	-	-
1	2022	\$62,627,824.67	\$11,958,845.38	\$15,717,430.70	\$90,304,100.75
2	2023	\$64,397,253.02	\$12,297,601.18	\$16,161,759.79	\$92,856,613.99
3	2024	\$66,216,673.68	\$12,645,952.95	\$16,618,650.14	\$95,481,276.76
4	2025	\$68,087,499.10	\$13,004,172.52	\$17,088,456.86	\$98,180,128.48
5	2026	\$70,011,181.65	\$13,372,539.44	\$17,571,545.10	\$100,955,266.19
6	2027	\$71,989,214.76	\$13,751,341.14	\$18,068,290.34	\$103,808,846.24
7	2028	\$74,023,134.01	\$14,140,873.21	\$18,579,078.67	\$106,743,085.89
8	2029	\$76,114,518.41	\$14,541,439.63	\$19,104,307.08	\$109,760,265.13
9	2030	\$78,264,991.55	\$14,953,352.97	\$19,644,383.83	\$112,862,728.34
10	2031	\$80,476,222.90	\$15,376,934.65	\$20,199,728.66	\$116,052,886.21
11	2032	\$82,749,929.12	\$15,812,515.21	\$20,770,773.22	\$119,333,217.55
12	2033	\$85,087,875.35	\$16,260,434.55	\$21,357,961.36	\$122,706,271.25
13	2034	\$87,491,876.61	\$16,721,042.20	\$21,961,749.45	\$126,174,668.26
14	2035	\$89,963,799.20	\$17,194,697.58	\$22,582,606.79	\$129,741,103.57
15	2036	\$92,505,562.16	\$17,681,770.31	\$23,221,015.94	\$133,408,348.41
16	2037	\$95,119,138.73	\$18,182,640.47	\$23,877,473.10	\$137,179,252.29
17	2038	\$97,806,557.92	\$18,697,698.90	\$24,552,488.49	\$141,056,745.31
18	2039	\$100,569,906.07	\$19,227,347.52	\$25,246,586.77	\$145,043,840.36
19	2040	\$103,411,328.45	\$19,771,999.64	\$25,960,307.42	\$149,143,635.51
20	2041	\$106,333,030.95	\$20,332,080.28	\$26,694,205.19	\$153,359,316.42

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

Baja Congestión								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			1.40%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	\$5.98	\$16.04	\$10.38	\$7,089,140.09	\$962,300.35	\$2,646,028.90	\$10,697,469.34
2	2023	\$6.07	\$16.27	\$10.53	\$7,289,025.48	\$989,433.37	\$2,720,636.33	\$10,999,095.18
3	2024	\$6.15	\$16.50	\$10.67	\$7,494,546.85	\$1,017,331.43	\$2,797,347.39	\$11,309,225.67
4	2025	\$6.24	\$16.73	\$10.82	\$7,705,863.09	\$1,046,016.11	\$2,876,221.40	\$11,628,100.60
5	2026	\$6.33	\$16.96	\$10.97	\$7,923,137.60	\$1,075,509.58	\$2,957,319.34	\$11,955,966.52
6	2027	\$6.42	\$17.20	\$11.13	\$8,146,538.39	\$1,105,834.65	\$3,040,703.92	\$12,293,076.96
7	2028	\$6.51	\$17.44	\$11.28	\$8,376,238.19	\$1,137,014.76	\$3,126,439.60	\$12,639,692.55
8	2029	\$6.60	\$17.68	\$11.44	\$8,612,414.60	\$1,169,074.03	\$3,214,592.69	\$12,996,081.33
9	2030	\$6.69	\$17.93	\$11.60	\$8,855,250.24	\$1,202,037.24	\$3,305,231.35	\$13,362,518.83
10	2031	\$6.78	\$18.18	\$11.76	\$9,104,932.88	\$1,235,929.88	\$3,398,425.65	\$13,739,288.42
11	2032	\$6.88	\$18.44	\$11.93	\$9,361,655.57	\$1,270,778.16	\$3,494,247.66	\$14,126,681.39
12	2033	\$6.97	\$18.70	\$12.10	\$9,625,616.81	\$1,306,609.02	\$3,592,771.47	\$14,524,997.30
13	2034	\$7.07	\$18.96	\$12.27	\$9,897,020.70	\$1,343,450.17	\$3,694,073.25	\$14,934,544.12
14	2035	\$7.17	\$19.22	\$12.44	\$10,176,077.09	\$1,381,330.09	\$3,798,231.34	\$15,355,638.53
15	2036	\$7.27	\$19.49	\$12.61	\$10,463,001.76	\$1,420,278.08	\$3,905,326.27	\$15,788,606.11
16	2037	\$7.37	\$19.77	\$12.79	\$10,758,016.56	\$1,460,324.24	\$4,015,440.85	\$16,233,781.65
17	2038	\$7.48	\$20.04	\$12.97	\$11,061,349.60	\$1,501,499.54	\$4,128,660.22	\$16,691,509.36
18	2039	\$7.58	\$20.32	\$13.15	\$11,373,235.41	\$1,543,835.82	\$4,245,071.93	\$17,162,143.16
19	2040	\$7.69	\$20.61	\$13.33	\$11,693,915.16	\$1,587,365.81	\$4,364,765.98	\$17,646,046.95
20	2041	\$7.79	\$20.90	\$13.52	\$12,023,636.79	\$1,632,123.18	\$4,487,834.92	\$18,143,594.89

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021			-	-	-	-	
1	2022	60.00	55.00	50.00	\$2,799,963.40	\$1,778,572.84	\$1,529,377.42	\$6,107,913.66
2	2023	59.16	54.23	49.30	\$2,879,475.54	\$1,829,079.98	\$1,572,808.02	\$6,281,363.54
3	2024	58.33	53.47	48.61	\$2,961,245.64	\$1,881,021.39	\$1,617,471.94	\$6,459,738.97
4	2025	57.52	52.72	47.93	\$3,045,337.81	\$1,934,437.82	\$1,663,404.21	\$6,643,179.84
5	2026	56.71	51.98	47.26	\$3,131,817.99	\$1,989,371.15	\$1,710,640.84	\$6,831,829.97
6	2027	55.92	51.26	46.60	\$3,220,753.99	\$2,045,864.45	\$1,759,218.87	\$7,025,837.31
7	2028	55.13	50.54	45.94	\$3,312,215.57	\$2,103,962.02	\$1,809,176.41	\$7,225,353.99
8	2029	54.36	49.83	45.30	\$3,406,274.43	\$2,163,709.42	\$1,860,552.61	\$7,430,536.46
9	2030	53.60	49.13	44.67	\$3,503,004.33	\$2,225,153.50	\$1,913,387.78	\$7,641,545.61
10	2031	52.85	48.45	44.04	\$3,602,481.13	\$2,288,342.44	\$1,967,723.33	\$7,858,546.90
11	2032	52.11	47.77	43.42	\$3,704,782.82	\$2,353,325.80	\$2,023,601.89	\$8,081,710.51
12	2033	51.38	47.10	42.82	\$3,809,989.64	\$2,420,154.52	\$2,081,067.26	\$8,311,211.41
13	2034	50.66	46.44	42.22	\$3,918,184.07	\$2,488,881.02	\$2,140,164.50	\$8,547,229.59

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

14	2035	49.95	45.79	41.63	\$4,029,450.96	\$2,559,559.18	\$2,200,939.96	\$8,789,950.10
15	2036	49.25	45.15	41.04	\$4,143,877.56	\$2,632,244.43	\$2,263,441.30	\$9,039,563.29
16	2037	48.56	44.52	40.47	\$4,261,553.59	\$2,706,993.77	\$2,327,717.52	\$9,296,264.89
17	2038	47.88	43.89	39.90	\$4,382,571.34	\$2,783,865.80	\$2,393,819.04	\$9,560,256.18
18	2039	47.21	43.28	39.34	\$4,507,025.70	\$2,862,920.81	\$2,461,797.67	\$9,831,744.19
19	2040	46.55	42.67	38.79	\$4,635,014.26	\$2,944,220.80	\$2,531,706.73	\$10,110,941.79
20	2041	45.90	42.07	38.25	\$4,766,637.38	\$3,027,829.50	\$2,603,601.04	\$10,398,067.93

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	-	-	-	-
1	2022	\$9,889,103.49	\$2,740,873.18	\$4,175,406.33	\$16,805,383.00
2	2023	\$10,168,501.02	\$2,818,513.34	\$4,293,444.35	\$17,280,458.72
3	2024	\$10,455,792.48	\$2,898,352.83	\$4,414,819.33	\$17,768,964.64
4	2025	\$10,751,200.89	\$2,980,453.93	\$4,539,625.61	\$18,271,280.44
5	2026	\$11,054,955.59	\$3,064,880.73	\$4,667,960.18	\$18,787,796.50
6	2027	\$11,367,292.39	\$3,151,699.10	\$4,799,922.79	\$19,318,914.27
7	2028	\$11,688,453.76	\$3,240,976.78	\$4,935,616.01	\$19,865,046.55
8	2029	\$12,018,689.03	\$3,332,783.45	\$5,075,145.31	\$20,426,617.78
9	2030	\$12,358,254.57	\$3,427,190.74	\$5,218,619.13	\$21,004,064.44
10	2031	\$12,707,414.01	\$3,524,272.33	\$5,366,148.99	\$21,597,835.32
11	2032	\$13,066,438.39	\$3,624,103.96	\$5,517,849.55	\$22,208,391.90
12	2033	\$13,435,606.44	\$3,726,763.55	\$5,673,838.72	\$22,836,208.71
13	2034	\$13,815,204.77	\$3,832,331.19	\$5,834,237.75	\$23,481,773.71
14	2035	\$14,205,528.05	\$3,940,889.28	\$5,999,171.31	\$24,145,588.63
15	2036	\$14,606,879.32	\$4,052,522.51	\$6,168,767.57	\$24,828,169.41
16	2037	\$15,019,570.16	\$4,167,318.00	\$6,343,158.38	\$25,530,046.54
17	2038	\$15,443,920.94	\$4,285,365.34	\$6,522,479.26	\$26,251,765.54
18	2039	\$15,880,261.11	\$4,406,756.63	\$6,706,869.60	\$26,993,887.34
19	2040	\$16,328,929.42	\$4,531,586.61	\$6,896,472.71	\$27,756,988.74
20	2041	\$16,790,274.17	\$4,659,952.68	\$7,091,435.96	\$28,541,662.81

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## V. Evaluación del Proyecto de Inversión

### a) Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto de Inversión

#### Etapas de ejecución.

La "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" constará de un monto de inversión de 158.97 mdp provenientes del Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD 2021).

- **Monto de Inversión**

*Terracerías	\$31,928,440.30
*Estructuras	\$ 6,437,248.00
*Obras de drenaje y su drenaje	\$10,512,999.33
*Pavimentos	\$48,758,922.57
*Señalamiento	\$ 1,713,233.26
*Obras inducidas	\$37,692,260.00

Subtotal	\$137,043,103.45
IVA	\$ 21,926,896.55
<b>Total</b>	<b>\$158,970,000.00</b>

A continuación, se presentan los componentes de "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Tabla 50 Componentes de inversión del proyecto

Componentes					
	Descripción	U	Cantidad	PU C/IVA	Importe
Terracerías	Cortes	m <sup>3</sup>	59,137.72	\$121.80	\$7,202,974.30
	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	7,450.88	\$214.60	\$1,598,958.85
	Recompactación al 95% AASTHO estándar	m <sup>3</sup>	12,160.00	\$52.20	\$634,752.00
	Formación de terraplenes compactados al 95% de su PVSM AASTHO Estándar.	m <sup>3</sup>	962.51	\$348.00	\$334,953.06
	Capa subrasante, compactada al 100% de su PVSM AASTHO Estándar.	m <sup>3</sup>	20,030.28	\$359.60	\$7,202,888.69
	Formación de pedraplenes con fragmentos de roca y agrava con tamaños de 1 a 8" para las zonas inestables.	m <sup>3</sup>	24,320.00	\$754.00	\$18,337,280.00

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

	Relleno de excavaciones para estructuras	m <sup>3</sup>	3,024.00	\$458.20	\$1,385,596.80
	Relleno de banquetas y guarniciones	m <sup>3</sup>	741.13	\$458.20	\$339,587.05
Estructuras	Guarniciones de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup> , de 0.09 m2 de sección transversal.	m	12,556.80	\$348.00	\$4,369,766.40
	Banquetas de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup> , de 0.10 m de espesor.	m <sup>2</sup>	9,417.60	\$324.80	\$3,058,836.48
	Demoliciones y desmantelamientos	m <sup>3</sup>	83.20	\$464.00	\$38,604.80
Obras de drenaje y subdrenaje	Pozos de visita tipo común para profundidad de 1.25 a 1.50 m	Pza	78.00	\$8,120.00	\$633,360.00
	Pozos de visita tipo común para profundidad de 1.50 a 1.75 m	Pza	6.00	\$9,860.00	\$59,160.00
	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BROCAL Y TAPA DE POLIETILENO DE ALTA RESISTENCIA	Pza	84.00	\$2,146.00	\$180,264.00
	Tubo PEAD de 30 cm de diámetro.	m	1,365.41	\$870.00	\$1,187,906.70
	Tubo PEAD de 38 cm. de diámetro.	m	1,168.68	\$928.00	\$1,084,535.04
	Tubo PEAD de 45 cm. de diámetro.	m	877.75	\$1,276.00	\$1,120,009.00
	Tubo PEAD de 61 cm. de diámetro.	m	1,125.00	\$1,624.00	\$1,827,000.00
	Tubo PEAD de 75 cm. de diámetro.	m	1,737.38	\$2,146.00	\$3,728,417.48
	Tubo PEAD de 90 cm. de diámetro.	m	233.49	\$2,842.00	\$663,578.58
	Plantilla para encamado de tubos de PEAD de arena.	m <sup>3</sup>	926.18	\$522.00	\$483,466.38
	Acostillado de tubería con material producto de banco.	m <sup>3</sup>	2,512.35	\$290.00	\$728,582.04
	Coladera de piso de Fo Fo	Pza	139.00	\$1,856.00	\$257,984.00
	Renivelación de pozo de visita con tabique de barro rojo recocido 6x12x24 de 12 cm de espesor asentado con mortero cemento arena prop. 1:4 juntas de 1.5 cms. de espesor, acabado común.	Pza	50.00	\$2,842.00	\$142,100.00
	Renivelación de rejilla pluvial hasta 0.20 m. con tabique de barro rojo recocido asentado con mortero cemento arena prop. 1:4 juntas de 1.5 cm de espesor, acabado común, con sección de 0.60 x 0.40 m.	Pza	37.00	\$2,668.00	\$98,716.00
	Pavimentos	Base hidráulica de 25 cm de espesor	m <sup>3</sup>	15,200.00	\$487.20
Riego de Impregnación con emulsión asfáltica tipo ECI-60, en proporción de 1.5 Lt/m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	59,781.77	\$26.68	\$1,594,977.62
Arena para cubrir el riego de impregnación PVSM=1,400 Kg/m <sup>3</sup> , 6 Lt/m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	358.69	\$522.00	\$187,236.50
Carpeta asfáltica de 14 cm de espesor		m <sup>3</sup>	8,369.45	\$5,046.00	\$42,232,233.60
Limpieza general del pavimento		Ha	6.72	\$21,460.00	\$144,211.20

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

	Recorte de pavimentos	m <sup>3</sup>	11,800.31	\$423.40	\$4,996,251.25
Señalamiento y dispositivos de seguridad	Raya separadora de carriles de 15 cm , continua sencilla en color blanco reflejante	m	1,362.00	\$16.24	\$22,118.88
	Raya separadora de carriles, discontinua de 15 cm de espesor en color blanco reflejante	m	3,983.00	\$16.24	\$64,683.92
	Raya en la orilla derecha, continua de 15 cm de ancho en color blanco reflejante	m	5,546.00	\$16.24	\$90,067.04
	Raya en la orilla izquierda continua de 15 cm de espesor en color blanco reflejaste	m	5,584.00	\$16.24	\$90,684.16
	Raya guía en la zona de transición de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante	m	633.00	\$16.24	\$10,279.92
	Rayas de alto de 60 cm de ancho	m	213.00	\$63.80	\$13,589.40
	Rayas para cruce de peatones en vías primarias	Pza	1,493.00	\$133.40	\$199,166.20
	Rayas con espaciamiento logarítmico de 60 cm de ancho, en color blanco reflejante.	m	350.00	\$156.60	\$54,810.00
	Flechas, letras y números	Pza	157.00	\$324.80	\$50,993.60
	Marcas en guarniciones.	m	12,556.80	\$44.08	\$553,503.74
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-9 En forma de tresbolillo.	Pza.	2,043.00	\$98.60	\$201,439.80
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-3.1, a cada 10 metros en tangente y en curva, color blanco	Pza.	601.00	\$98.60	\$59,258.60
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-3.3, A CADA 10 m EN color amarillo en cara al transito	Pza.	595.00	\$98.60	\$58,667.00
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-2.1 y en M-4, A CADA 6 m EN color blanco en la cara del transito	Pza.	345.00	\$98.60	\$34,017.00
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-2.3, A CADA 10 m EN color blanco en la cara del transito	Pza.	383.00	\$98.60	\$37,763.80
	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre pavimento colocados sobre raya M-9, En forma de tresbolillo en color blanco	Pza.	1,720.00	\$98.60	\$169,592.00

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

	Señales preventivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante tipo SP-11	Pza.	12.00	\$4,640.00	\$55,680.00
	Señales preventivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante tipo SP-32	Pza.	12.00	\$4,640.00	\$55,680.00
	Señales restrictivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante Tipo SR-9	Pza.	10.00	\$4,640.00	\$46,400.00
	Señales restrictivas de 117 x 117 cm. en acabado reflejante Tipo SR-22	Pza.	12.00	\$4,640.00	\$55,680.00
	Señal informativa de 40 x 178 cm en acabado reflejante	Pza	6.00	\$3,712.00	\$22,272.00
	Cartelera panorámica de 3 x 5 metros	Pza	1.00	\$41,003.52	\$41,003.52
Obras Inducidas Telefónicas	Reubicación de postes de teléfono	Pza	60.00	\$17,400.00	\$1,044,000.00
	Reubicación de postes metálicos de cámaras de vigilancia.	Pza	4.00	\$23,200.00	\$92,800.00
	Reubicación de casetas telefónicas.	Pza	8.00	\$5,800.00	\$46,400.00
	Colocación de registro prefabricado de Telmex de 70 x 140 x 80 cm int. de concreto de f'c 250 kg/cm <sup>2</sup> , con malla electrosoldada de 06x06-6/6 de 10 cms. de espesor de muro y piso, con marco metálico para recibir tapa de policoncreto reforzada con capas de fibra de vidrio, acabado pulido, con aberturas laterales para recibir ductos. Incluye: Material, tapa de policoncreto, mano de obra, equipo, herramienta, acarreo, desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	Pza	4.00	\$4,002.00	\$16,008.00
Obras Inducidas Ductos de gas	Reubicación de ducto de gas de acero (A-50)	m	262.00	\$5,800.00	\$1,519,600.00
	Reubicación de ducto de gas polietileno (PE)	m	2,487.00	\$6,380.00	\$15,867,060.00
	Encofrado a base de concreto reforzado De f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> con varilla de 3/8 @ 20 cm en ambos sentidos F'y=4200kg/cm <sup>2</sup> para protección en ducto de GAS	m	210.00	\$3,480.00	\$730,800.00
Obras Inducidas Red eléctrica	Reubicación de línea de media tensión (aérea/aérea)	Pza	218.00	\$63,800.00	\$13,908,400.00
	Suministro y colocación de poste de concreto tipo retenida según especificación de CFE	Pza	11.00	\$34,800.00	\$382,800.00
	Traslado de líneas existentes de media tensión (3 hilos), de poste existente a poste nuevo	Km	6.60	\$34,800.00	\$229,680.00
	Traslado de transformadores, de poste existente a poste nuevo	Pza	10.00	\$40,600.00	\$406,000.00
	Retiro de poste de concreto de CFE	Pza	218.00	\$5,800.00	\$1,264,400.00



### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

	Retiro e instalación de línea de baja tensión Al-ACSR 3/0-1/0	Km	1.25	\$23,200.00	\$29,000.00
	Retiro e instalación de acometidas subterráneas particulares de media tensión sistema de 200 a 600 A	Pza	30.00	\$220,400.00	\$6,612,000.00
	Renivelación de registros de CFE, con tabique de barro rojo recocido 6x12x24 de 12 cm de espesor asentado con mortero cemento arena prop. 1:4 juntas de 1.5 cms. de espesor, acabado común	Pza	50.00	\$4,060.00	\$203,000.00
Obras inducidas Jardinería y mobiliario completo	Ciprés italianos de 1.8 mts de altura promedio	Pza	120.00	\$522.00	\$62,640.00
	Planta de ornato tipo ficus con una altura de 2 mts aproximadamente en áreas verdes	Pza	200.00	\$290.00	\$58,000.00
	pedra decorativa bola blanca de río para jardín en saco de 10kg c/u	Saco	200.00	\$174.00	\$34,800.00
	Tierra vegetal para áreas verdes en camellón central	m3	1,152.00	\$556.80	\$641,433.60
	Tala, desenraice y retiro de árboles, de Ø=30 a 45 cm.	Pza	110.00	\$5,220.00	\$574,200.00
<b>Total</b>					<b>\$158,970,000.00</b>

Fuente: Proyecto Ejecutivo

- **Costos por molestia**

Aunado a lo anterior y para no sobre valorar los beneficios del proyecto se considerarán costos por molestias durante la ejecución; los cuales se presentan durante la construcción del proyecto.

Sin embargo, debido a que la metodología del CEPEP 2004 no considera los costos por molestias se tomara como referencia exclusiva la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras para los costos por molestia.

Los costos por molestias son resultado del incremento temporal del CGV provocado por la congestión existente durante la construcción del proyecto. De acuerdo a la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras los costos por molestia se calculan de la siguiente manera: <sup>13</sup>

$$\text{Costos por Molestias} = CGV_C - CGV_0$$

Dónde:

CGV<sub>c</sub> es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

CGV<sub>0</sub> es el costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto

<sup>13</sup> Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met\\_Carreteras\\_Parte2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met_Carreteras_Parte2.pdf)

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

Tabla 51 Costos por molestia

Alta Congestión				
Situación Actual				
Velocidad promedio (km/h)				
Año	A	B	C	
0   2021	30	25	20	
Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)				
Año	A	B	C	
0   2021	24	20	16	
CGV Actual				
Año	A	B	C	
0   2021	\$58,567,829.56	\$13,452,226.17	\$16,152,354.20	
<b>Total</b>	<b>\$88,172,409.93</b>			
CGV Total Anual				
A	B	C	Total	
-\$9,063,784.87	-\$2,876,497.21	-\$2,787,011.08	-\$14,727,293.16	
Situación Actual				
COV (\$/km)				
Año	A	B	C	
0   2021	\$ 8.18	\$ 20.70	\$ 15.96	
Durante la Construcción				
COV (\$/km)				
Año	A	B	C	
0   2021	\$ 8.99	\$ 22.77	\$ 17.55	
CGV Durante la Construcción				
Año	A	B	C	
0   2021	\$67,631,614.43	\$16,328,723.38	\$18,939,365.28	
	<b>\$102,899,703.09</b>			
Media Congestión				
Situación Actual				
Velocidad promedio (km/h)				
Año	A	B	C	
0   2021	38	30	25	
Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)				
Año	A	B	C	
0   2021	30	24	20	
Situación Actual				
COV (\$/km)				
Año	A	B	C	
0   2021	\$ 7.36	\$ 19.31	\$ 14.23	
Durante la Construcción				
COV (\$/km)				
Año	A	B	C	
0   2021	\$ 8.09	\$ 21.24	\$ 15.65	

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

CGV Actual				
Año		A	B	C
0	2021	\$82,026,995.91	\$19,012,841.35	\$24,818,282.98
<b>Total</b>		<b>\$125,858,120.23</b>		

CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C
0	2021	\$94,824,545.75	\$23,019,616.01	\$29,002,721.88
		<b>\$146,846,883.64</b>		

CGV Total Anual					
A		B	C	Total	
-		-\$12,797,549.84	-\$4,006,774.66	-\$4,184,438.90	-\$20,988,763.41

**Baja Congestión**

Situación Actual				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2021	45	33	30

Situación Actual				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2021	\$ 6.90	\$ 18.70	\$ 13.14

Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2021	36	26	24

Durante la Construcción				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2021	\$ 7.59	\$ 20.57	\$ 14.45

CGV Actual				
Año		A	B	C
0	2021	\$11,746,211.93	\$4,029,387.39	\$5,816,134.87
<b>Total</b>		<b>\$21,591,734.19</b>		

CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C
0	2021	\$13,468,536.32	\$4,927,084.22	\$6,774,609.07
		<b>\$25,170,229.62</b>		

CGV Total Anual					
A		B	C	Total	
-		-\$1,722,324.39	-\$897,696.83	-\$958,474.21	-\$3,578,495.43

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

**Tabla 52 Costos por molestia totales**

<b>CGV Total Anual</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>
-\$23,583,659.11	-\$7,780,968.70	-\$7,929,924.19	-\$39,294,552.00

### **Etapa de operación**

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (ii) conservación periódica, que incluye bacheo general, renivelaciones, riego de sello y señalamiento horizontal y vertical y una rehabilitación con una sobrecarpeta cada 10 años. Los periodos de ejecución de dichos mantenimientos se determinaron con base en la Guía De Procedimientos Y Técnicas Para La Conservación De Carreteras En México 2014.

A continuación, se describen los trabajos correspondientes a los mantenimientos de Av. las Partidas.

- **Conservación Rutinaria (Cada año)**

En este Subprograma se realizan las labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, las zonas laterales, las obras de drenaje y subdrenaje, el cercado, los cortes, terraplenes y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía.<sup>14</sup>

\*Limpieza de la superficie de rodadura: consistente en el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar objetos sólidos, materiales pulverulentos, sustancias líquidas y semilíquidas que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

\*Bacheo aislado: consistente en un conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados.

\*Señalamiento horizontal: que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

- **Conservación Periódica (Cada 3 años)**

Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que en un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio.

<sup>14</sup> GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

\*Bacheo: consistente en un conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados.

\*Renivelaciones: Es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie de una carpeta asfáltica para corregir deformaciones permanentes, tales como roderas, depresiones y corrugaciones, entre otras, con el propósito de restablecer las características geométricas, de drenaje superficial, de seguridad y comodidad de la carretera.

\*Señalamiento horizontal que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

\*Renivelación de los pozos de visita: son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle con la finalidad de permitir el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, por ello es de vital importancia mantenerlos en buen estado.

- **Rehabilitación (Cada 10 años):**

\*Carpeta asfáltica: son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

\*Fresado de la carpeta asfáltica que son el conjunto de actividades que se realizan con una fresadora para eliminar las deformaciones superficiales en carpetas asfálticas o para retirar capas de rodadura deterioradas.

\*Señalamiento horizontal que consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

\*Renivelación de los pozos de visita: son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle con la finalidad de permitir el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, por ello es de vital importancia mantenerlos en buen estado.

\*Señalamiento vertical: El señalamiento vertical es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos.

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado****"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

En la siguiente tabla se muestra el costo que comprende cada mantenimiento mencionado:

**Tabla 53 Mantenimiento de alternativa A**

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>Carpeta asfáltica</b>			
<b>DATOS</b>			
LONGITUD =		3200.00	M
ANCHO =		18.00	M
ÁREA =		57600	M <sup>2</sup>
<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>			
<b>CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)</b>			
CONCEPTOS	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza	Ha	\$ 18,500.00	\$ 106,560.00
Bacheo aislado	M <sup>3</sup>	\$ 4,600.00	\$ 2,384,640.00
Señalamiento horizontal	M	\$ 14.00	\$ 239,512.00
Rayas de alto	M	\$ 55.00	\$ 11,715.00
Raya para cruce de peatones	PZA	\$ 115.00	\$ 171,695.00
Rayas con esp. Logarítmico	M	\$ 135.00	\$ 47,250.00
Flechas, letras y números	PZA	\$ 280.00	\$ 43,960.00
Pintura para guarniciones	M	\$ 38.00	\$ 477,158.40
<b>TOTAL S/ IVA=</b>			<b>\$3,482,500.00</b>
<b>CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)</b>			
CONCEPTOS	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Bacheo aislado	M <sup>3</sup>	\$ 4,600.00	\$ 3,974,400.00
Renivelaciones (3.5 cm)	M <sup>3</sup>	\$ 4,600.00	\$ 9,273,600.00
Riego de sello	M <sup>2</sup>	\$ 61.00	\$ 3,513,600.00
Renivelación de pozos de visita	PZA	\$ 7,000.00	\$ 588,000.00
Señalamiento horizontal	M	\$ 14.00	\$ 239,512.00
Rayas de alto	M	\$ 55.00	\$ 11,715.00
Raya para cruce de peatones	PZA	\$ 115.00	\$ 171,695.00
Rayas con esp. Logarítmico	M	\$ 135.00	\$ 47,250.00
Flechas, letras y números	PZA	\$ 280.00	\$ 43,960.00
Pintura para guarniciones	M	\$ 38.00	\$ 477,158.40
Rep. Parcial de botones	PZA	\$ 85.00	\$ 92,922.00
<b>TOTAL S/ IVA=</b>			<b>\$ 18,433,800.00</b>

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

<b>REHABILITACIÓN (10 AÑOS)</b>			
<b>CONCEPTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
Reposición de carpeta	M <sup>3</sup>	\$ 4,600.00	\$ 18,547,200.00
Fresado de carpeta	M <sup>2</sup>	\$ 51.00	\$ 2,937,600.00
Renivelación de pozos de visita	PZA	\$ 7,000.00	\$ 588,000.00
Señalamiento horizontal	M	\$ 14.00	\$ 239,512.00
Rayas de alto	M	\$ 55.00	\$ 11,715.00
Raya para cruce de peatones	PZA	\$ 115.00	\$ 171,695.00
Rayas con esp. Logarítmico	M	\$ 135.00	\$ 47,250.00
Flechas, letras y números	PZA	\$ 280.00	\$ 43,960.00
Pintura para guarniciones	M	\$ 38.00	\$ 477,158.40
Reposición de botones	PZA	\$ 85.00	\$ 92,922.00
Rep. Parcial de señalamiento vertical	PZA	\$ 4,000.00	\$ 62,400.00
<b>TOTAL S/ IVA=</b>			<b>\$23,219,400.00</b>

Fuente: SCT/ Costos Paramétricos SHCP.

A continuación se presentan los costos de mantenimiento y conservación considerados para la situación con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas.

**Tabla 54 Mantenimiento y conservación considerados para la situación con proyecto**

<b>Alternativa A</b>				
<b>Mantenimiento Proyecto</b>				
<b>Vida útil (Años)</b>	<b>Concreto Asfáltico</b>			<b>TOTAL</b>
	<b>Rutinaria</b>	<b>Periódica</b>	<b>Rehabilitación</b>	
<b>20</b>				
<b>AÑO</b>	<b>Anual</b>	<b>3 años</b>	<b>10 años</b>	
0				
1	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
2	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
3		\$18,433,800.00		\$ 18,433,800.00
4	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
5	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
6		\$18,433,800.00		\$ 18,433,800.00
7	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
8	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
9		\$18,433,800.00		\$ 18,433,800.00
10			\$23,219,400.00	\$ 23,219,400.00
11	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
12		\$18,433,800.00		\$ 18,433,800.00
13	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
14	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
15		\$18,433,800.00		\$ 18,433,800.00
16	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
17	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

18		\$18,433,800.00		\$ 18,433,800.00
19	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00
20	\$3,482,500.00			\$ 3,482,500.00

## **b) Identificación, Cuantificación y Valoración de los Beneficios del Proyecto de Inversión**

Para llevar a cabo la evaluación socioeconómica del proyecto se toman en cuenta los beneficios obtenidos por concepto de ahorros en costos generalizados de viaje de los vehículos, así como los costos operativos del proyecto y costos tiempo recorrido.

Los factores considerados para la obtención de los beneficios del proyecto son los siguientes:

- El Horizonte de evaluación, que es de 20 años una vez terminado el proyecto.
- La Tasa social de descuento es del 10% utilizada por la Unidad de Inversiones de la SHCP.

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes:

1. Ahorros en costo de operación vehicular
2. Ahorro en tiempo de viaje de los usuarios.

El cálculo del CGV se obtuvo tanto de la situación sin proyecto como de la situación con proyecto, la cual se realizó con base en información levantada en el estudio de campo, tomando en cuenta la información de composición vehicular. De acuerdo a esto se calcularon los beneficios por ahorro en CGV entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto incluyendo optimizaciones.

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular y costo por tiempo de recorrido anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, durante los 20 años del horizonte del proyecto.

En la siguiente tabla se muestran los beneficios obtenidos del análisis de la situación sin proyecto y la situación con proyecto.



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

**Tabla 55 Beneficios del proyecto**

		Costos Generalizados de Viaje								
Año	Situación Sin Proyecto			Situación Con Proyecto			Beneficios			
	COV	Tiempo	CGV	COV	Tiempo	CGV	COV	Tiempo	CGV	
0	2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2022	\$135,884,834.74	\$103,036,141.31	\$238,920,976.05	\$105,337,290.79	\$56,118,251.08	\$161,455,541.87	\$30,547,543.96	\$46,917,890.23	\$77,465,434.18
2	2023	\$139,716,243.54	\$105,962,116.93	\$245,678,360.47	\$108,307,381.04	\$57,711,872.82	\$166,019,253.85	\$31,408,862.51	\$48,250,244.11	\$79,659,106.62
3	2024	\$143,655,682.75	\$108,971,183.13	\$252,626,865.87	\$111,361,215.95	\$59,350,749.53	\$170,711,965.48	\$32,294,466.79	\$49,620,433.60	\$81,914,900.39
4	2025	\$147,706,198.38	\$112,065,699.48	\$259,771,897.86	\$114,501,156.80	\$61,036,166.35	\$175,537,323.15	\$33,205,041.58	\$51,029,533.13	\$84,234,574.71
5	2026	\$151,870,922.35	\$115,248,092.57	\$267,119,014.92	\$117,729,631.41	\$62,769,444.91	\$180,499,076.32	\$34,141,290.93	\$52,478,647.66	\$86,619,938.59
6	2027	\$156,153,074.87	\$118,520,857.88	\$274,673,932.75	\$121,049,136.10	\$64,551,944.36	\$185,601,080.46	\$35,103,938.77	\$53,968,913.52	\$89,072,852.29
7	2028	\$160,555,966.97	\$121,886,561.75	\$282,442,528.72	\$124,462,237.54	\$66,385,062.45	\$190,847,300.00	\$36,093,729.43	\$55,501,499.30	\$91,595,228.73
8	2029	\$165,083,003.02	\$125,347,843.42	\$290,430,846.44	\$127,971,574.79	\$68,270,236.64	\$196,241,811.43	\$37,111,428.22	\$57,077,606.78	\$94,189,035.01
9	2030	\$169,737,683.37	\$128,907,417.07	\$298,645,100.44	\$131,579,861.32	\$70,208,945.19	\$201,788,806.50	\$38,157,822.05	\$58,698,471.88	\$96,856,293.94
10	2031	\$174,523,607.09	\$132,568,073.95	\$307,091,681.04	\$135,289,887.09	\$72,202,708.34	\$207,492,595.42	\$39,233,720.00	\$60,365,365.61	\$99,599,085.61
11	2032	\$179,444,474.71	\$136,332,684.57	\$315,777,159.28	\$139,104,520.74	\$74,253,089.51	\$213,357,610.25	\$40,339,953.97	\$62,079,595.06	\$102,419,549.03
12	2033	\$184,504,091.12	\$140,204,200.96	\$324,708,292.09	\$143,026,711.81	\$76,361,696.51	\$219,388,408.32	\$41,477,379.32	\$63,842,504.45	\$105,319,883.77
13	2034	\$189,706,368.48	\$144,185,659.00	\$333,892,027.48	\$147,059,492.97	\$78,530,182.82	\$225,589,675.80	\$42,646,875.50	\$65,655,476.18	\$108,302,351.68
14	2035	\$195,055,329.24	\$148,280,180.76	\$343,335,510.00	\$151,205,982.44	\$80,760,248.86	\$231,966,231.30	\$43,849,346.80	\$67,519,931.89	\$111,369,278.70
15	2036	\$200,555,109.31	\$152,490,976.97	\$353,046,086.27	\$155,469,386.32	\$83,053,643.36	\$238,523,029.68	\$45,085,722.99	\$69,437,333.61	\$114,523,056.60
16	2037	\$206,209,961.17	\$156,821,349.54	\$363,031,310.71	\$159,853,001.14	\$85,412,164.67	\$245,265,165.80	\$46,356,960.03	\$71,409,184.87	\$117,766,144.90
17	2038	\$212,024,257.23	\$161,274,694.15	\$373,298,951.38	\$164,360,216.36	\$87,837,662.25	\$252,197,878.60	\$47,664,040.88	\$73,437,031.90	\$121,101,072.78
18	2039	\$218,002,493.19	\$165,854,502.91	\$383,856,996.10	\$168,994,517.02	\$90,332,038.05	\$259,326,555.07	\$49,007,976.17	\$75,522,464.86	\$124,530,441.03
19	2040	\$224,149,291.49	\$170,564,367.09	\$394,713,658.58	\$173,759,486.42	\$92,897,248.05	\$266,656,734.47	\$50,389,805.07	\$77,667,119.03	\$128,056,924.10
20	2041	\$230,469,404.91	\$175,407,979.95	\$405,877,384.86	\$178,658,808.90	\$95,535,303.78	\$274,194,112.68	\$51,810,596.01	\$79,872,676.17	\$131,683,272.18

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## **c) Cálculo de Indicadores de Rentabilidad**

La rentabilidad del proyecto se midió en términos de los indicadores: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y los beneficios de los Costos Generalizados de Viaje del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y (ii) ahorros en costo de operación vehicular.

### **Indicadores económicos:**

Los efectos del proyecto se manifiestan a lo largo de su vida útil de 20 años, por lo tanto la "Evaluación del Proyecto" integra los flujos de beneficios y costos con diferente valor en el tiempo, por lo que, para hacer comparables los valores de dichos flujos, es necesario emplear una tasa de descuento. Acorde a los lineamientos de la Unidad de Inversiones de la SHCP, la tasa de descuento que se utilizó en la presente evaluación es el 10%. La rentabilidad del proyecto se midió en términos de los siguientes indicadores:

- Valor Presente Neto (VPN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

Los Indicadores de rentabilidad se calcularon conforme al anexo III de los Lineamientos para la elaboración de Estudios Costo Beneficio de los proyectos de inversión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público el 30 de diciembre de 2013.

- **Valor Presente Neto (VPN)**

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

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

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:

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

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

TIR: Tasa Interna de Retorno

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

Es importante resaltar que no se debe utilizar la TIR por sí sola para comparar alternativas de un programa o proyecto de inversión, ya que puede existir un problema de tasas internas de rendimiento múltiple. Las tasas internas de rendimiento múltiple ocurren cuando existe la posibilidad de que más de una tasa de descuento haga que el VPN sea igual a cero.

- **Tasa Rendimiento Inmediata.**

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:

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

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Dónde:

Bt+1: es el beneficio total en el año t+1

Ct+1: es el costo total en el año t+1

It: 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

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en el tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

A continuación se muestran los indicadores de rentabilidad que corresponden al proyecto "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

Ilustración 23 Indicadores de Rentabilidad

Indicadores		
Indicador	Valor	Observación
VPN Valor Presente Neto	\$572,165,678.40	>\$0.00; Proyecto rentable
TIR Tasa Interna de Retorno	49.10%	> 10%; Proyecto rentable
TRI Tasa de Rentabilidad Inmediata	48.22%	> 10%; Proyecto rentable

Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México, 2021

## d) Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se consideraron 4 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

**Inversión inicial.**- Se refiere al costo de construcción del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo beneficio, dado que con un incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta que costo de inversión seguiría siendo rentable.

**Costos de mantenimiento.**- Los costos de mantenimiento conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

**Demanda del proyecto.**- La demanda es una variable que debe de ser considerada en un análisis de sensibilidad de un proyecto. Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda es mayor o menor a fin de decidir adecuadamente en el tamaño óptimo o la posible postergación.

El análisis de sensibilidad arrojó los siguientes resultados:

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

**Tabla 56 Análisis de Sensibilidad**

Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI	B/C
Inversión	40%	\$ 654,391,540.47	104.03%	103.92%	10.19
	50%	\$ 640,687,230.13	87.41%	87.15%	8.55
	60%	\$ 626,982,919.78	75.44%	75.03%	7.36
	70%	\$ 613,278,609.44	66.42%	65.88%	6.46
	80%	\$ 599,574,299.09	59.38%	58.71%	5.76
	90%	\$ 585,869,988.75	53.73%	52.95%	5.19
	100.00%	\$ 572,165,678.40	49.10%	48.22%	4.73
	110%	\$ 558,461,368.06	45.23%	44.27%	4.34
	120%	\$ 544,757,057.71	41.95%	40.91%	4.01
	140%	\$ 517,348,437.02	36.67%	35.53%	3.48
	517.508%	\$ -	10.00%	10.20%	1.00
	600%	-\$ 113,049,838.85	8.17%	8.82%	0.87
650%	-\$ 181,571,390.57	7.23%	8.16%	0.80	
Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI	B/C
Mantenimiento	40%	\$ 616,747,939.08	51.64%	49.59%	5.02
	50%	\$ 609,317,562.30	51.22%	49.36%	4.97
	56%	\$ 604,769,155.39	50.96%	49.22%	4.94
	70%	\$ 594,456,808.74	50.38%	48.90%	4.87
	80%	\$ 587,026,431.96	49.95%	48.68%	4.83
	90%	\$ 579,596,055.18	49.53%	48.45%	4.78
	100%	\$ 572,165,678.40	49.10%	48.22%	4.73
	110%	\$ 564,735,301.62	48.67%	48.00%	4.68
	120%	\$ 557,304,924.84	48.24%	47.77%	4.63
	130%	\$ 549,874,548.06	47.81%	47.54%	4.58
	870.036%	\$ -	10.00%	30.74%	1.00
	900%	-\$ 22,264,463.97	8.31%	30.06%	0.85
950%	-\$ 59,416,347.86	5.56%	28.93%	0.61	
Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI	B/C
Demanda	10%	-\$ 54,652,487.20	-4.50%	7.07%	0.09
	15%	-\$ 14,658,223.22	6.78%	13.49%	0.76
	16.833%	-\$ 0.00	10.00%	15.84%	1.00
	70%	\$ 425,278,680.59	83.20%	84.10%	8.05
	80%	\$ 505,267,208.55	96.38%	96.94%	9.37
	90%	\$585,255,737.00	109.51%	109.78%	10.70
	100%	\$ 572,165,678.40	49.10%	48.22%	4.73
	110%	\$ 652,154,206.37	54.24%	53.27%	5.25

### Análisis Costo-Beneficio Simplificado

#### "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"

	120%	\$ 732,142,734.33	59.38%	58.32%	5.77
	130%	\$ 812,131,262.30	64.50%	63.37%	6.29
	140%	\$ 892,119,790.26	69.62%	68.42%	6.82

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el proyecto no es sensible a modificaciones del monto de inversión, pues aun subiendo su monto a un 500% variable el VAN tendría niveles positivos, por lo que la inversión del proyecto (158.97 mdp) es óptima, ya que el proyecto es rentable en ese momento teniendo un VPN de \$572,165,678.40, una TIR de 49.10% y una TRI de 48.22%, las cuales son mayores a la tasa de descuento (10.00%).

### e) Análisis de riesgos

El proyecto corre el riesgo de obra inconclusa, es decir que por factores imputables al licitante ganador del proyecto no se llegue a edificar los diversos componentes de la vialidad. Esta situación a pesar que pudiese llegar a ser probable, definitivamente estaría en contra de los propios intereses de la empresa a la cual le sea asignado el proyecto, ya que se vería obligado a ejercer las fianzas de cumplimiento y en un extremo incluso en acciones legales en su contra.

El proyecto registra un riesgo vinculado con una deficiente calidad, ya sea por incumplimiento del contratista o bien por insuficiencia de recursos financieros por parte del contratista, bajo este escenario, los beneficios proyectados en el horizonte del proyecto no alcanzarían a generarse. Un riesgo mayor puede consistir en un incremento de los costos relativos con la construcción de las obras en general, ya que resulta difícil prever las condiciones, principalmente ante un cambio escenario en la tendencia de estabilidad económica. Sin embargo, la propia Junta de Caminos del Estado de México ha llevado a cabo tanto un programa de mantenimiento como de construcción de infraestructuras de vialidades similares a la propuesta en el presente proyecto, por lo cual se supone que contratante cuenta con la experiencia suficiente y capacidad técnica para llevar a cabo proyectos de esta naturaleza.

Tabla 57 Matriz de Riesgos para la construcción del proyecto

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
Regulatorio	Riesgo ocasionado por cambios en la normatividad técnica durante la ejecución del proyecto.	100%		M	B
Diseño	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños realizados por el contratista		100%	B	M
	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños	100%		B	M

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	entregados por la Junta de Caminos.				
Construcción	Riesgo ocasionado por falta de calidad en las obras realizadas por el Contratista		100%	B	M
	Riesgo ocasionado por ejecución de mayores cantidades de obra no autorizadas, por procedimientos constructivos inadecuados imputables al CONTRATISTA, o por deficiente programación (o cronología) de ejecución de las obras.		100%	B	M
	Riesgo presentado en el contrato por precios por debajo del presupuesto oficial (es decir, cuando estos precios se encuentran por debajo del presupuesto oficial y/o de cada uno de los (insumos, costos, precios, tarifas, alquiler de equipos, salarios, transportes, de los APU)) en la propuesta del CONTRATISTA. El presupuesto oficial se calcula de conformidad con los precios de mercado existentes en el sitio del proyecto al momento de publicación del Pliego Definitivo y/o Adendas (en caso de presentarse).		100%	M	M
	Riesgo presentado por escasez de cualquier tipo de material y/o insumos para la ejecución de la obra; o por salida del mercado de insumos o materias primas para la ejecución de las obras objeto del contrato. Al CONTRATISTA le corresponde teniendo en cuenta que debe prever en su propuesta planes de contingencia para mitigar estas eventualidades, teniendo también un Plan de Calidad acorde con el proyecto y de conformidad con la visita técnica que le corresponde realizar al sitio donde se pretenden ejecutar las obras. Riesgo que asume el CONTRATISTA.		100%	B	M

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	Riesgo presentado por la fluctuación de precios en los materiales.		100%	M	B
	Riesgo de mayor permanencia y stand by de maquinaria y disponibilidad de personal, por el no inicio de las obras y/o parálisis de la mismas por demoras ocasionadas por la no entrega oportuna, de las revisiones y/o actualizaciones, de cálculos y/o diseños y/o estudios definitivos, del proyecto, que lleve a cabo y/o ejecute el CONTRATISTA, de acuerdo con lo estipulado en el ANEXO TECNICO, en caso de que dichos cálculos y/o diseños y/o estudios estén a cargo del CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo presentado por la modificación y/o cambios de ubicación en las fuentes de materiales presentadas y/o propuestas por el CONTRATISTA. Hace referencia al riesgo técnico, ambiental y/o social, en cuanto a calidad y cantidad del material, explotación y su distancia de acarreo. Le corresponde al interesado o proponente verificar en la visita a la obra las fuentes de materiales a emplear, para la presentación de una propuesta acorde con las obras a ejecutar.		100%	B	B
Financiero	Riesgo generado por Las fluctuaciones de las tasas de interés, tasa de cambio, variaciones cambiarias y financieras por causas micro o macroeconómicas.		100%	B	B
	Riesgo por insolvencia del Contratista		100%	B	A
Aseguramiento	Riesgo correspondiente a la diferencia entre el valor del siniestro asegurado y el valor del amparo de las pólizas establecidas en el CONTRATO, en el evento en que las causas		100%	B	A



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	de los daños objeto del siniestro, sean imputables al CONTRATISTA.				
	Riesgo de mayores costos y disponibilidad de las pólizas de Garantía Única de Cumplimiento, Responsabilidad Civil Extracontractual y Estabilidad y Calidad de Obra		100%	B	M
Ambiental	Mayores plazos y costos por la gestión para la obtención de licencias y/o permisos.		100%	B	M
	Mayores costos por modificaciones ambientales imputables al contratista		100%	B	M
Fuerza Mayor Asegurable	Riesgo presentado por accidentalidad y/o muerte de personal del CONTRATISTA (Adjudicatario) desde la adjudicación y/o durante la ejecución del contrato, por causas externas al proyecto o por ausencia o falta o deficiencia del SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL de la obra.		100%	B	A
	Impacto adverso que generen los desastres naturales sobre la ejecución y/o operación del proyecto. Estos incluyen terremotos, inundaciones, incendios y sequías, entre otros. El contratista tiene la obligación de asegurar únicamente la longitud intervenida correspondiente a la reparación de puntos críticos.		100%	B	A
Fuerza Mayor NO Asegurable	Se refieren de manera exclusiva al daño emergente derivado de los actos de terrorismo, guerras o eventos que alteren el orden público, hallazgos arqueológicos, de minas o yacimientos, entre otros.	100%		B	A
Político Social	Mayores costos y plazos por las actividades de gestión Social		100%	B	B
Terminación Anticipada	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada imputable al Contratista		100%	B	M

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada no imputable al contratista	100%		M	B

Nota: B = Baja, M = Media y A = Alta

## VI. Conclusiones y recomendaciones

La "Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca" **es factible** desde el punto de vista de seguridad vial debido a que se hará un camino más cómodo para los conductores eliminando baches y zonas irregulares en todo el tramo de la avenida, además la problemática de congestión en horas pico reducirá en gran medida al aumentar la oferta con dos carriles de circulación. Cabe mencionar que la infraestructura a construir mejorará en gran medida la imagen urbana de zona al contar con áreas verdes a lo largo del camellón.

El proyecto forma parte de un proyecto integral de incremento de eficiencia operativa como parte de las obras a realizar para la óptima incorporación de los usuarios hacia los municipios de Lerma y Toluca, con el objetivo de mejorar sustancialmente el nivel de servicio vial ofrecido una mejor y más eficiente comunicación en la zona potencializando el desarrollo económico de la zona y al disminuir el costo de los transportes a elevar el nivel de vida de la población.

Los beneficios del proyecto –definidos en reducción de costos generalizados de viaje- son mayores que los costos sociales –definidos por el costo de inversión, molestias durante el periodo de construcción y mantenimiento-, por lo cual la sociedad en su conjunto tendrá un beneficio mayor mediante la implementación del proyecto. Adicionalmente, las problemáticas descritas en la situación actual pueden encontrar una solución mediante la implantación de la infraestructura vial que considera el proyecto, este escenario no resulta alcanzable mediante la implementación única de las propuestas optimizadas.

Con la ejecución del proyecto, se cuenta con los siguientes beneficios principalmente:

- Disminuir costos generalizados de viaje
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.
- Aumentar la calidad de vida de los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.

Analizando los resultados con respecto a los indicadores económicos obtenidos para la evaluación socioeconómica base de la obra en proyecto, indican que el proyecto es viable desde el punto de vista económico, ya que en base a los beneficios cuantificables se presentó:

- Una relación Beneficio/Costo (B/C) igual o superior a la unidad **(B/C) > 1**, ya que representa la utilidad que se obtendrá por cada peso invertido.

### **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

#### **"Modernización de Av. de las Partidas del km. 1+000 al 4+200 en los municipios de Lerma y Toluca"**

- La diferencia Beneficio menos Costo; o Valor Presente Neto es una unidad positiva (**VPN > 0**), que equivale a las ganancias que se obtendrán con el proyecto.
- La Tasa Interna de Retorno es superior al costo de oportunidad de capital, (**TIR>10%**), esta tasa muestra el rendimiento de la inversión.
- La Tasa de Rentabilidad Inmediata (final del primer año de operación de la situación "con Proyecto") muestra un valor igual o superior a la tasa de actualización o de descuento (**TRI >= 10%**)

Los resultados del análisis arrojaron los siguientes índices de rentabilidad, los cuales son aceptables de acuerdo a lo mencionado anteriormente.

<b>Indicadores</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
VPN Valor Presente Neto	\$572,165,678.40	>\$0.00; Proyecto rentable
TIR Tasa Interna de Retorno	49.10%	> 10%; Proyecto rentable
TRI Tasa de Rentabilidad Inmediata	48.22%	> 10%; Proyecto rentable

Además

- La obra brindará beneficios a toda la población, de Lerma y Toluca, así como a municipios aledaños
- La mejora de la seguridad vial del camino garantiza un traslado ágil y oportuno, así como un eficaz transporte de mercancías en la zona.
- Al concretarse la construcción del proyecto se resuelve el problema de largos tiempos de traslado que se presentan actualmente en la zona.
- El momento socialmente óptimo para la inversión es de inmediato, a fin reducir los COV.

## VII. 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.

Notas núm. 182 Enero-Febrero 2020, Artículo 1. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2020.

Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2020 IMT Publicación técnica no 590.

Libro de datos viales SCT 2013-2020 <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales>.

Manual para la Evaluación de Proyectos de Carreteras Secretaria de Hacienda y Crédito Público.

Plan de Desarrollo Municipal de Lerma 2019-2021

Plan de Desarrollo Municipal de Toluca 2019-2021

### Responsables de la Información

**Ramo:** Secretaria de Movilidad

**Entidad:** Estado de México

**Área Responsable:** Junta de Caminos del Estado de México.

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Lucio Barrera Calva	Director de Infraestructura Carretera		20/05/2021

Versión	Fecha
2.0	20/05/2021

\*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.