

Nombre del Programa o Proyecto de Inversión:

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Tipo de evaluación socioeconómica

Ficha Técnica		Análisis Costo Beneficio Simplificado	X	Análisis Costo Beneficio		Análisis Costo-Eficiencia Simplificado		Análisis costo-Eficiencia	
---------------	--	---------------------------------------	---	--------------------------	--	--	--	---------------------------	--

Desarrollo del estudio

“Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.”¹

¹Las dependencias deberán actualizar la evaluación socioeconómica cuando se modifique el alcance del programa o proyecto de inversión. Se considera que un programa o proyecto de Inversión ha modificado su alcance. Cuando se presente una variación del 25% en el monto total de inversión.

Índice

I. RESUMEN EJECUTIVO	3
II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI.....	7
A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA	10
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	14
D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA	16
III. SITUACIÓN SIN EL PROYECTO O PROGRAMA DE INVERSIÓN	27
A) OPTIMIZACIONES.....	27
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA	28
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	29
D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA	34
E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	46
IV. SITUACIÓN CON EL PROYECTO O PROGRAMA DE INVERSIÓN.....	56
A) DESCRIPCIÓN GENERAL	56
B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	58
C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	59
D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES	61
E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	62
F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	69
G) CAPACIDAD INSTALADA.....	70
H) METAS	72
I) VIDA ÚTIL.....	72
J) ASPECTOS MÁS RELEVANTES	72
K) ANÁLISIS DE LA OFERTA	73
L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	74
M) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA	79
V. EVALUACIÓN DEL PPI.....	92
A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI	92
B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI	95
C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD	99
D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	99
E) ANÁLISIS DE RIESGOS.....	101
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	104

I. Resumen Ejecutivo

Nombre del Proyecto de Inversión

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872

Localización del PPI

El proyecto " Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872”, se desarrollará en el Estado de México.

El cruce que se genera bajo la carretera Toluca- México permite la interconexión de los municipios de Ocoyoacac y Lerma, se atenderán 0.89 km distribuidos en un Paso Inferior Vehicular y obras accesorias a fin de garantizar el buen funcionamiento del PIV.

Así mismo las principales localidades beneficiadas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1 Localidades Beneficiadas con el proyecto

Municipio	Localidad	Población (2020)
Lerma	San Pedro Tultepec	15,052
	Lerma de Villada	33,166
	Amomolulco	1,122
Ocoyoacac	San Antonio el Llanito	1,310
Total		50,650

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020

Tabla 2 Coordenadas geográficas

PIV “El Llanito”		
Localización	Latitud	Longitud
Inicio	19.282446°	-99.497272°
Fin	19.279490°	-99.496732°

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 1 Área de influencia del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

Monto total de inversión

Monto sin IVA = \$71,840,517.24
IVA = \$11,494,482.76
Monto Total de Obra = \$83,335,000.00

Financiados mediante del Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD)

Objetivo del PPI

El objetivo del proyecto consiste en resolver la problemática vehicular que origina la demanda vehicular con relación al actual diseño operacional del cruce de los vehículos que se dirigen de la localidad de el Llanito hacia las Plazas Outlet y el municipio de Lerma bajo la carretera Toluca- México.

Con la elaboración del proyecto se proporcionará un paso rápido y seguro, para los automovilistas que trabajan en la zona, con el fin de agilizar la movilidad intraurbana e interurbana generando una conexión entre los municipios de Ocoyoacac y Lerma, convirtiendo a esta infraestructura como una vía principal que mantenga un flujo continuo en este cruce, terminando así con la problemática de congestión de la zona de influencia y genere un impacto importante en la zona metropolitana de Toluca.

Se pretende que con el proyecto al conectarse con la carretera Toluca- México, los municipios de Ocoyoacac y Lerma tengan un desarrollo estratégico desde el punto de vista del desarrollo de asentamiento de humanos debido a la cercanía a zonas de alta dinámica económica por la colindancia con zonas urbanas, así como que los habitantes cercanos puedan comunicarse y trasladarse de manera ágil y oportuna en esta zona y favorezca el desarrollo económico y la capacidad productiva y movilidad.

Mediante la implantación del proyecto se pretende reducir los Costos Generalizados de Viaje (CGV) adición de la reducción de los Costos Operativos Vehiculares (COV) y los Costos de Tiempo de Recorrido (CTR).

Problemática Identificada

El diseño operacional del cruce al realizarse por debajo de la carretera Toluca- México, el cual no cuenta con una sección geométrica óptima para óptima para satisfacer la demanda, se generan altos tiempos de espera para poder ser utilizado incrementando los tiempos de recorrido y por consecuencia los costos generalizados de viaje.

Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en resolver a desnivel los principales movimientos de corto y largo itinerario del tránsito vehicular, que circulan bajo la carretera Toluca- México por medio de la construcción de un puente inferior vehicular (PIV) de dos carriles uno para cada sentido de circulación a fin de evitar el cruce con la carretera Toluca- México que se dirigen de la localidad de el Llanito a las Plazas Outlet o al municipio de Lerma.

El puente vehicular formará parte de la red carretera municipal y regional de la zona, dicha obra está a cargo de Junta de Caminos del Estado de México, teniendo trabajos consistentes en terracerías,

estructuras, drenaje y subdrenaje, pavimentos, señalamiento y dispositivos de seguridad, alumbrado público y obras inducidas; cuyos beneficios son:

- ✓ Hacer más fluido el tránsito vehicular.
- ✓ Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- ✓ Reducción de los costos totales de operación de los vehículos que transitan la zona.
- ✓ Reducción de la contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.
- ✓ Mejorar los niveles de servicio.

Horizonte de Evaluación

Se llevó a cabo un análisis Costo Beneficio con el objetivo de evaluar la viabilidad de Puente Inferior Vehicular (PIV) sobre la carretera Toluca- México. Esta evaluación se realizó para un horizonte de 30 años.

Descripción de los principales costos del PPI

Los costos del proyecto corresponden a todos los trabajos de obra relacionados a la construcción del PIV y obras complementarias, con el objeto de atender a los usuarios a través de un buen servicio.

CONCEPTO	IMPORTE CON IVA
• Terracerías	\$9,218,300.18
• Estructuras	\$28,103,280.25
• Drenaje y subdrenaje	\$4,200,580.93
• Pavimentos	\$9,856,800.36
• Señalamiento y dispositivos de Seguridad	\$5,669,343.41
• Alumbrado publico	\$5,220,000.00
• Obras inducidas	\$16,642,257.06
• Perforación Dirigida	\$4,169,237.80
• Cámaras de Vigilancia	\$255,200.00
Monto total del proyecto	\$83,335,000.00

Se planea que los recursos provendrán del Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD)

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con el desarrollo del proyecto se podrá proporcionar un mejor servicio a los usuarios de las carreteras Toluca – México y calle Morelos, disminuyendo con esto los CGV.

Beneficios por ahorro en Costos de Operación Vehicular (COV).

Beneficios por disminución de tiempos de recorrido de vehículos automotores al aumentar la velocidad de los vehículos y acotar las distancias

Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.

Mejorar los niveles de servicio de las vialidades existentes y permitir que el nuevo PIV mantenga un nivel de servicio bueno a lo largo del horizonte de evaluación.

Otros beneficios, que no se cuantificaron, son: reducción de accidentes, reducción en la contaminación ambiental y la seguridad y el confort que percibe el usuario.

Indicadores de Rentabilidad

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$112,549,494.41
Tasa Interna de Retorno (TIR)	20.65%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	15.89%

Riesgos asociados al PPI

El principal riesgo es el de la disponibilidad del total de los recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto; lo que repercutiría en un atraso en los tiempos de entrega de la obra.

Otros riesgos es la disminución en la demanda a causa de las condiciones actuales de la carretera, así mismo retraso en la entrega de las obras por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución, teniendo como consecuencia la falta de continuidad estratégica del proyecto.

En caso de presentarse retraso en los tiempos de ejecución y entrega del proyecto por cuestiones ligadas directamente al contratista se incrementaría su costo y los tiempos de ejecución.

Conclusión del Análisis del PPI

Del análisis de indicadores de rentabilidad se obtuvo que el Valor Presente Neto sea positivo. La relación de las tasas de rentabilidad es mayor al 10%, por lo que se concluye que el proyecto es rentable y factible de realizarse desde el primer año.

Presenta ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular en comparación con la inversión requerida. 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 el proyecto beneficiara en los siguientes aspectos:

- ✓ Hacer más fluido el tránsito vehicular.
- ✓ Aumentar las velocidades de operación.
- ✓ Reducir los tiempos de recorrido.
- ✓ Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- ✓ Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- ✓ Disminuir la posibilidad de accidentes.
- ✓ Mejorar los niveles de servicio.

De acuerdo con la información presentada y con los indicadores socioeconómicos obtenidos en el presente estudio, se recomienda la realización de este proyecto ya que la sociedad en su conjunto obtiene mayores beneficios que los costos asociados.

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

El proyecto del "PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872" se localiza los límites municipales de Lerma y Ocoyoacac, en el Estado de México, desarrollándose sobre la calle Morelos cruzando sobre la carretera federal México-Toluca en dirección a la Ciudad de México, mejorando los niveles de servicio de estas vías involucradas considerando a los municipios de Lerma y Ocoyoacac como parte integral de la movilidad en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con el fin de movilizar personas, servicios y bienes entre los municipios de que la conforman.

Diariamente miles de personas tienen la necesidad de trasladarse, ya sea a sus centros educativos, 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 inter e intra comunicación, 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.

El Estado de México que 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.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) que incluye la capital del estado, es un punto donde se articulan los principales ejes carreteros, ferroviarios y aéreos de la entidad; convergiendo las carreteras que conectan con los puntos comerciales más importantes del occidente-centro, como son Morelia, Lázaro Cárdenas, Guadalajara, Manzanillo y conectando por toda la costa del Pacífico con la del Zona Centro del país, en la cual se incluye a la Ciudad de México.

La cabecera municipal de Lerma se localiza a 54 kilómetros de la ciudad de México y a 10 kilómetros de Toluca, y colinda con los siguientes municipios: al norte con los municipios de Xonacatlán y Otzolotepec; al sur con los municipios de Capulhuac y Tianguistenco; al oriente con los municipios de Huixquilucan, Ocoyoacac y Naucalpan; al poniente con los municipios de San Mateo Atenco, Metepec y Toluca. Sus coordenadas son latitud Norte: 19 Grados 17 Minutos; Longitud Oeste: 99 Grados 31 Minutos; con una superficie de 23,258.76 hectáreas y cuenta con una altitud promedio de 2,570 metros sobre el nivel del mar.

Ocoyoacac cuenta con una extensión territorial de 138.26 kilómetros cuadrados, ocupando el 0.61% de la superficie total del estado; colinda Al norte con los municipios de Lerma y Huixquilucan; al este con la Ciudad de México; al sur con los municipios de Tianguistenco y Capulhuac; al oeste con los municipios de Capulhuac y Lerma. Se encuentra entre los paralelos 19° 12' y 19° 19' de latitud norte; los meridianos 99° 18' y 99° 30' de longitud oeste; altitud entre 2 500 y 3 900 m.

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Actualmente en los municipios de Lerma y Ocoyoacac pertenecen a la zona Metropolitana del Valle de Toluca, al año 2020 el municipio de Lerma registro una población de 170,327 habitantes, mientras que el municipio de Ocoyoacac registro 72,103 habitantes. Ambos municipios presentan un grado de marginación municipal muy bajo.

En los límites del municipio de Lerma y Ocoyoacac se encuentran las plazas Outlet Lerma las cuales fomentan y complementan el desarrollo económico y sostenible de ambos municipios, mismas que se encuentran ubicadas a un costado de la vialidad México-Toluca. Aunado a lo anterior y a la necesidad de cruzar la vialidad Toluca- México para los habitantes de la localidad de San Antonio el Llanito se requiere de infraestructura que permita el cruce de la carretera Toluca- México a fin de tener una mejor conectividad.

Actualmente el cruce de vehículos en este punto se realiza mediante un puente que pasa por debajo de la carretera México- Toluca el cual no se encuentra en óptimas condiciones y no cuenta con las características geométricas para garantizar un cruce seguro debido a que solo cuenta con un carril de circulación el cual funciona para ambos sentidos, así mismo, en época de lluvias dicho cruce se ve afectado ya que se presentan inundaciones. La salida que se encuentra del lado derecho de la carretera Toluca-México de este puente se conecta con la calle Morelos la cual cuenta con un ancho promedio de 7 m, con dos carriles de circulación, uno para cada sentido; la superficie de rodamiento es a base de concreto hidráulico. De igual forma la salida que se encuentra del lado izquierdo de la carretera Toluca- México se conecta con la prolongación de la calle Morelos sobre la cual se encuentran los accesos principales a las plazas Outlet, en esta parte la calle Morelos cuenta con una sección de 2 cuerpos separados por un camellón, cada cuerpo cuenta con dos carriles de circulación, cuenta con un ancho aproximado de 6.0 m, la superficie es a base de carpeta asfáltica.

La problemática presente es debido a que no se cuenta con una sección geométrica óptima para satisfacer la demanda, se generan altos tiempos de espera para poder ser utilizado incrementando los tiempos de recorrido y por consecuencia los costos generalizados de viaje.

Si se toma en cuenta que las carreteras son el factor principal que propicia el desarrollo social, económico y cultural de los habitantes, resulta imprescindible que a estas obras viales se les destinen recursos para asegurar que sus niveles de servicio y de seguridad sean elevados y aceptables. Durante la operación de las carreteras, en ellas inciden diversos factores que afectan su desempeño y paulatinamente van disminuyendo los niveles de servicio para los que fueron proyectadas.

Ilustración 2 Salida del lado derecho del puente por debajo de la carretera Toluca- México



Fuente: Junta de Caminos del Estado de México

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Ilustración 3 Salida del lado izquierdo del puente por debajo de la carretera Toluca- México.



Fuente: Junta de Caminos del Estado de México

Se presentan inundaciones en época de lluvias.

Ilustración 4 Salida del lado derecho del puente por debajo de la carretera Toluca- México



Fuente: Junta de Caminos del Estado de México

Se presentan filas para poder acceder al puente que cruza la carretera México- Toluca

Ilustración 5 Salida del lado izquierdo del puente por debajo de la carretera Toluca- México



Fuente: Junta de Caminos del Estado de México

Las condiciones de la superficie de rodamiento se encuentran en mal estado.

Ilustración 6 Área general de Conflicto.



Fuente: Junta de Caminos del Estado de México

b) Análisis de la Oferta

Las condiciones de la “Oferta” se definen como las características físicas y geométricas que presentan las vialidades. Para el análisis de la “Oferta”

El área de influencia se encuentra en los límites municipales de los municipios de Lerma y Ocoyoacac, justo frente a las Plazas Outlet Lerma, se contempla una longitud aproximada de 330 metros de longitud del PIV y se desarrolla sobre la calle Morelos misma que se desarrolla en sentido Norte- Sur y Sur- Norte; De igual forma las obras accesorias se desarrollan paralelamente a la carretera Toluca- México y a la calle Morelos a lo largo de 560 m

En el mapa siguiente se muestra la zona donde se llevará a cabo el proyecto seguido del perfil de elevación y las características de la oferta existente.

Ilustración 7 Área de influencia del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Tabla 3 Coordenadas geográficas

PIV “El Llanito”		
Localización	Latitud	Longitud
Inicio	19.282446°	-99.497272°
Fin	19.279490°	-99.496732°

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los usuarios de este camino se encuentran los habitantes de la localidad de San Pedro Tultepec, Lerma de Villada y Amomolulco perteneciente al municipio de Lerma; y los habitantes de la localidad de San Antonio El Llanito perteneciente al municipio de Ocoyoacac.

Tabla 4 C Localidades beneficiadas

Municipio	Localidad	Población (2020)
Lerma	San Pedro Tultepec	15,052
	Lerma de Villada	33,166
	Amomolulco	1,122
Ocoyoacac	San Antonio el Llanito	1,310
Total		50,650

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020

La red vial existente en la zona cuenta con vialidades primarias de gran importancia como es la carretera Toluca- México para el paso vehicular de corto y largo itinerario.

Actualmente el cruce de vehículos en este punto se realiza mediante un puente que pasa por debajo de la carretera Toluca- México el cual no se encuentra en óptimas condiciones y no cuenta con las características geométricas para garantizar un cruce seguro debido a que solo cuenta con un carril de circulación el cual funciona para ambos sentidos, así mismo, en época de lluvias dicho cruce se ve afectado ya que se presentan inundaciones. La salida que se encuentra del lado derecho de la carretera México-Toluca en sentido a la Ciudad de México de este puente se conecta con la calle Morelos la cual cuenta con un ancho promedio de 7 m, con dos carriles de circulación, uno para cada sentido; la superficie de rodamiento es a base de concreto hidráulico. De igual forma la salida que se encuentra del lado izquierdo de la carretera México- Toluca se conecta con la prolongación de la calle Morelos sobre la cual se encuentran los accesos principales a las plazas Outlet, en esta parte la calle Morelos cuenta con una sección de 2 cuerpos separados por un camellón, cada cuerpo cuenta con dos carriles de circulación, cuenta con un ancho aproximado de 6.0 m, la superficie es a base de carpeta asfáltica.

La carretera Toluca- México en el tramo comprendido desde el cruce con las vías del ferrocarril hasta la entrada a la comunidad de el llanito se encuentra en buenas condiciones, la superficie es a base de carpeta asfáltica, cuenta con un ancho de calzada de 10.5 metros aproximadamente, aloja 3 carriles de circulación y el señalamiento se encuentra en buenas condiciones.

Índice de Rugosidad Internacional –IRI

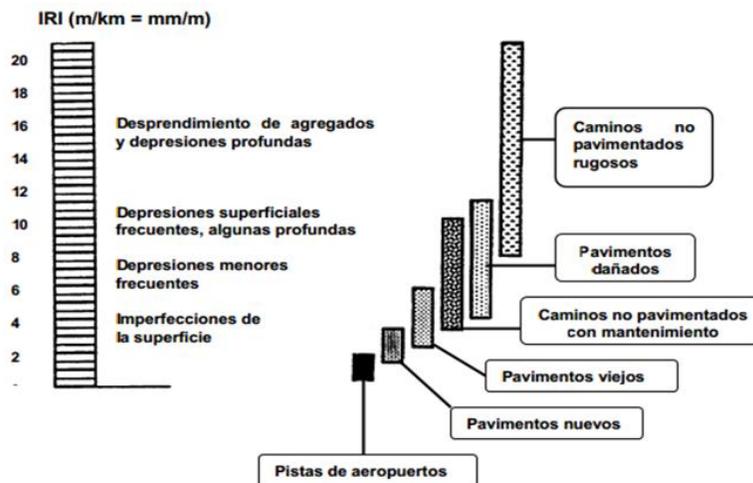
El índice de rugosidad internacional (IRI) del área de estudio observado es de 7 mm/m. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo,

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 de este, 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"2

Ilustración 8 Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos



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

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 con base a los datos obtenidos en campo cuando se llevó a cabo la encuesta y los aforos viales.

Por lo anterior, el nivel de Servicio Carretero del cruce de vehículos bajo la carretera Toluca- México es un tipo de servicio tipo E.

Tabla 5 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	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

A continuación, se presenta una tabla resumen de las condiciones actuales en que se encuentra el cruce bajo la carretera Toluca- México:

Tabla 6 Características físicas y geométricas en la situación actual Cruce bajo carretera Toluca- México

Parámetros para ambos sentidos de la vialidad	Cruce bajo la carretera Toluca- M
Longitud a atender	890 metros
Número de carriles	1 para ambos sentidos
Ancho de calzada (m)	3.5 metros
Acotamientos	No
Tipo de superficie	Asfalto
Índice de rugosidad (m/km)	7
Alumbrado publico	Inexistente
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Inexistente
Obras de Drenaje	Inexistente
Guarniciones y banquetas	Inexistente
Velocidad de operación promedio (km/h) alta congestión	16.40 km/h
Tiempo de recorrido con alta congestión	03:17 minutos
Velocidad de operación promedio (km/h) media congestión	17.88 km/h
Tiempo de recorrido con media congestión	03:01 minutos
Velocidad de operación promedio (km/h) baja congestión	19.76 km/h
Tiempo de recorrido con baja congestión	02:43 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Los tiempos de recorrido son sin considerar los tiempos de espera por coincidencia con vehículos provenientes en sentido contrario. El tiempo de espera es aproximadamente 1 minutos más por vehículo en la fila.

c) Análisis de la Demanda Actual

La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino.

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 2012 al 2021, de la carretera México- Toluca en el Km 51+710 misma que es la carretera que se encuentra más cercana a la zona del proyecto de la cual se cuentan con datos viales.

Cabe mencionar que se considera como tasa de crecimiento el promedio de las tasas medias anual registradas, esto con el fin de no sobre valorar los beneficios del proyecto.

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

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

Dónde:

TMACP: tasa media anual de crecimiento poblacional.²

Ni: población en el momento inicial del periodo

Nf: 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.

²http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf

Tabla 7. Tasa de crecimiento de la carretera México- Toluca en dirección a México

DATOS VIALES SCT				
Camino	Año	TDPA	Tasa de crecimiento anual	
Carretera México- Toluca Km 51+710 Sentido a México	2012	62,992	2012- 2013	-0.63%
	2013	62,598	2013- 2014	3.11%
	2014	64,547	2014- 2015	-4.08%
	2015	61,913	2015- 2016	0.13%
	2016	61,994	2016- 2017	2.41%
	2017	63,485	2017- 2018	7.07%
	2018	67,976	2018- 2019	14.44%
	2019	77,789	2019- 2020	-18.78%
	2020	63,177	2020- 2021	15.91%
	2021	73,228	Promedio	2.18%

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

Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Transito 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 los siguientes datos:

Tabla 8 TDPA proyecto

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias	
Transito Diario Promedio Anual	
Tramo	TDPA
Cruce bajo carretera Toluca- México	12,975

Fuente: Elaboración propia

Periodización

Las horas generalmente se reparten en periodos de alta, media y baja congestión, adicionalmente a partir del estudio de aforos se determinaron los aforos vehiculares para cada uno de los periodos de alta, media y baja congestión.

Todo esto con el objetivo de poder tener un panorama del comportamiento por movimiento de los flujos y clasificación del tránsito.

La tabla siguiente presenta el tránsito diario promedio anual por periodo de congestión de cada uno de los movimientos del cruce en cuestión.

Tabla 9 Periodización

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Transito Diario Promedio Anual					
Tipo de vehículo	TDPA	A	B	C	Total
Alta Congestión	11,247.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
Media Congestión	1,203.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
Baja Congestión	525.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
TDPA	12,975.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

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 10 Composición vehicular

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Transito Diario Promedio Anual					
Tramo	TDPA	A	B	C	Total
Cruce bajo carretera Toluca- México	12,975.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

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 11 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Problemática:

Debido al rezago en infraestructura educativa, fuentes de empleo y atención médica, los habitantes de los municipios de Lerma y Ocoyoacac se ven obligados a trasladarse a otros municipios aledaños.

El cruce de vehículos bajo la carretera Toluca- México representa un cruce de gran importancia ya que comunica a los municipios de Ocoyoacac y Lerma, así mismo representa una de las principales salidas de estos municipios hacia Toluca o hacia la Ciudad de México permitiendo el intercambio de servicios entre dichos municipios.

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Sin embargo, la infraestructura mediante la cual se realiza el cruce de vehículos bajo la carretera Toluca-México ha quedado rebasado debido a la alta afluencia de vehículos lo cual provoca conflicto vehicular en dicho cruce, que se ve saturado debido al exceso de demanda, produciendo incrementos en los tiempos de viaje así, como en los costos de Operación. La oferta física en situación actual contribuye a incrementar de costos totales de operación de los usuarios, los niveles de inseguridad operativa, así como tiempo de traslados debido a las condiciones en que se encuentra la superficie de rodamiento presentando baches y agrietamientos, y altos tiempos de espera, de igual forma debido a la geometría actual solo se cuenta con un carril de circulación el cual funciona para el cruce de ambos sentidos mismo que en época de lluvias este se ve afectado por inundaciones por lo que no periten un el cruce de moderado de vehículos ocasionando filas e incrementando el tiempo de espera, debido a que el cruce se realiza en aproximadamente en entre 3 o 4 minutos debido a los altos tiempos de espera siendo estos aproximadamente de 1minuto por vehículo en la fila .

Por lo tanto, la transitabilidad de los usuarios se ve afectada debido a que se ven obligados a reducir sus velocidades y aumentar sus tiempos de traslado para llegar a su zona de destino, ya sea para servicios básicos de salud, educación, vivienda, turismo, comercio, entre otros.

Estos problemas ocasionan que los costos generalizados de viaje se eleven significativamente, por lo tanto, se pretenden realizar las actividades correspondientes a la construcción de un “Construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872” con el objetivo de agilizar los dos movimientos bajo la carretera Toluca- México.

Como se observa la demanda actual de la intersección supera la capacidad de las carreteras existentes, por lo que no se da solución a los movimientos vehiculares actuales, por lo que las velocidades de circulación de los vehículos se ven afectadas, un cruce cuyo nivel de servicio va en decremento. Dada la situación actual los CGV son altos como consecuencia de las condiciones físicas y demanda actual, situación que se verá agravada a futuro debido al crecimiento constante de la región de seguir manteniendo las condiciones actuales, lo que ira generando un aumento de los CGV.

Velocidad y tiempo de recorrido

El estado físico, el nivel de congestión y las características geométricas de una carretera tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, 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.

Las velocidades actuales de circulación en la intersección son bajas debido al congestionamiento que se presenta actualmente como consecuencia de las características geométricas del cruce bajo la carretera Toluca- México.

De acuerdo a los recorridos ejercidos por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México en cada uno de sentidos del proyecto 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.

Método del vehículo flotante³

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 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).

A continuación, se presenta una tabla con las velocidades de la situación actual considerando periodos de alta, media y baja congestión.

Tabla 12 Velocidades de Recorrido para los periodos de alta, media y baja congestión

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias				
Velocidades Situación Actual				
Tipo de vehículo	A	B	C	Promedio
Alta Congestión	18.09	16.22	14.88	16.40
Media Congestión	20.34	17.31	16.00	17.88
Baja Congestión	21.95	19.78	17.56	19.76

Fuente: Estudio de Ingeniería de Tránsito

Costos de Operación vehicular (Situación Actual)

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado VehicleOperatingCost (VOC) que es parte del modelo HighwayDevelopment and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial.

Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), sobre 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. El programa simula los efectos de las características físicas y geométricas del camino en las velocidades de operación, el valor promedio de IRI, en consumo de combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, etc., aplica costos unitarios a las cantidades consumidas de recursos y determina costos totales de operación por cada segmento de carretera considerado. Posteriormente su vinculación del TDPA por configuración vehicular obteniendo así los costos totales de operación vehicular para cada tipo de vehículo que transita por el camino.

³ Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución, IMT, Publicación Técnica No. 214

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Tabla 13 Costos de Operación Vehicular

SITUACIÓN ACTUAL				
ALTA CONGESTIÓN				
	Costos de Operación Vehicular			IRI mm/m
	A	B	C	
Longitud: 0.89 Km				
Clasificación Vehicular				7.00
Velocidad Promedio	18.09	16.22	14.88	16.40
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$9,237.28	\$24,469.19	\$25,744.66	
COV's/km -veh	\$9.24	\$24.47	\$25.74	
Tiempo de recorrido	00:02:57	00:03:18	00:03:35	00:03:17
MEDIA CONGESTIÓN				
	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
	A	B	C	
Longitud: 0.89 Km				
Clasificación Vehicular				7.00
Velocidad Promedio	20.34	17.31	16.00	17.88
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$8,812.03	\$24,017.48	\$25,136.10	
COV's/km -veh	\$8.81	\$24.02	\$25.14	
Tiempo de recorrido	00:02:38	00:03:05	00:03:20	00:03:02
BAJA CONGESTIÓN				
	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
	A	B	C	
Longitud: 0.89 Km				
Clasificación Vehicular				7.00
Velocidad Promedio	21.95	19.78	17.56	19.76
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$8,507.75	\$22,993.89	\$24,288.47	
COV's/km -veh	\$8.51	\$22.99	\$24.29	
Tiempo de recorrido	00:02:26	00:02:42	00:03:02	00:02:43

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran a continuación por tipo de vehículo y para cada uno de los horarios de alta, media y baja congestión.

Tabla 14 Parámetros con los que se alimentó el VOC-MEX 3.0 Situación Actual

Vehículo ligero		
Características de la carretera		Cruce Actual
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	7.00
3. Pendiente media ascendente	%	6.67
4. Pendiente media descendente	%	0.93
5. Proporción de viaje ascendente	%	12.24
6. Curvatura horizontal promedio	Grados/km	90.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	Fracción	D*
8. altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	1.00
*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)		
Selección del vehículo, tipo del vehículo		4.00
Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	1,680.00
2. Carga útil	kg	1,030.00
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	63.87
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	51.91

5. Velocidad deseada	km/h	18.09
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.46
7. Área frontal proyectada	m ²	2.58
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	3 700.00
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.16
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	4.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	0.00
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.38
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	0.00
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.00
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	0.00
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. Numero de km conducidos por año	km	25 000.00
2. Número de horas conducidas por año	horas	2 808.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.60
4. Vida útil promedio de servicio	años	6.00
5. ¿usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	75 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	2.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	337,645.31
2. Costo del combustible	\$/litro	16.29
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.93
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	1 050.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	32.73
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	30.97
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	0.50
Coeficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.31
2. Cpo	Refacciones	32.49
3. CPq	Refacciones	13.7
4. QIPo	Refacciones	120.00
5. Clo	Mantenimiento	77.14
6. CLp	Mantenimiento	0.55
7. CLq	Mantenimiento	0.00
8. Co	Lubricantes	1.55
9. FRATIOo	VCURVE	0.22
10. FRATIO1	VCURVE	0.00
11. ARVMAX	VROUGH	239.70

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.31
3. Eo	Velocidad	1
4. Ao	Combustible	6 014.00
5. A1	Combustible	37.60
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	3 846.00
8. A4	Combustible	1.40
9. A5	Combustible	0.00
10. A6	Combustible	3604
11. A7	Combustible	0.00
12. NHO	Combustible	-12.00

Autobús Foráneo		
Características de la carretera		Cruce Actual
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	7.00
3. Pendiente media ascendente	%	6.67
4. Pendiente media descendente	%	0.93
5. Proporción de viaje ascendente	%	12.24
6. Curvatura horizontal promedio	grados/km	90.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	fracción	D*
8. Altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	1.00

*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo, tipo del vehículo		5.00
Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	17 500.00
2. Carga útil	kg	7 500.00
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	288.95
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	333.56
5. Velocidad deseada	km/h	16.22
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.65
7. Área frontal proyectada	m ²	6.98
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	1 700
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	10.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	6.85
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.33
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. numero de km conducidos por año	km	240 000.00
2. número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.8
4. Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5. ¿usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	750 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	23.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	2'289,927.00
2. Costo del combustible	\$/litro	18.0
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.07
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,886.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	81.06
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	70.0
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	1.42
Coefficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.48
2. Cpo	Refacciones	1.77
3. CPq	Refacciones	3.56
4. QIPo	Refacciones	190.00
5. Clo	Mantenimiento	293.44
6. CLp	Mantenimiento	0.52
7. CLq	Mantenimiento	0.01
8. Coo	Lubricantes	3.07
9. FRATIOo	VCURVE	0.23
10. FRATIO1	VCURVE	0.00
11. ARVMAX	VROUGH	212.80
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.27
3. Eo	Velocidad	1.01
4. Ao	Combustible	-7276.00
5. A1	Combustible	63.50
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	4 323.00
8. A4	Combustible	0.00
9. A5	Combustible	8.64
10. A6	Combustible	2 479.00

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

11. A7	Combustible	11.50
12. NHO	Combustible	-50.00

Camión de dos ejes		
Características de la carretera		Cruce Actual
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	7.00
3. Pendiente media ascendente	%	6.67
4. Pendiente media descendente	%	0.93
5. Proporción de viaje ascendente	%	12.24
6. Curvatura horizontal promedio	grados/km	90.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	fracción	D*
8. Altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	1.00

*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)

Características del vehículo		
Selección del vehículo, tipo del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	5 501.60
2. Carga útil	kg	10,374.10
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	163.49
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	218.27
5. Velocidad deseada	km/h	14.88
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.85
7. Área frontal proyectada	m ²	6.05
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	2 100.00
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	6.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	7.60
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.33
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. Numero de km conducidos por año	km	150 000.00
2. Número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.85
4. Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5. ¿Usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	500 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	0.00
Costos unitarios en pesos		

1. Precio del vehículo nuevo	\$	565,702.81
2. Costo del combustible	\$/litro	18.00
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.07
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,700.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	0.00
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	51.50
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	0.89
Coefficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.37
2. Cpo	Refacciones	1.49
3. CPq	Refacciones	251.79
4. QIPo	Refacciones	0.00
5. Clo	Mantenimiento	242.03
6. CLp	Mantenimiento	0.52
7. CLq	Mantenimiento	0.00
8. Co	Lubricantes	3.07
9. FRATIOo	VCURVE	0.29
10. FRATIO1	VCURVE	0.09
11. ARVMAX	VROUGH	177.70
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.31
3. Eo	Velocidad	1.01
4. Ao	Combustible	-22,955.00
5. A1	Combustible	95.00
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	3 758.00
8. A4	Combustible	0.00
9. A5	Combustible	19.12
10. A6	Combustible	2 394.00
11. A7	Combustible	13.76
12. NHO	Combustible	-85.00

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

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. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2022, del IMT.

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

Tabla 15 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (en pesos)	\$172.87
Valor tiempo por motivo de trabajo	54.89
% coeficiente tiempo motivo trabajo	97.10%
Valor del tiempo por motivo de placer	32.93
% coeficiente tiempo motivo placer	2.90%
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)	4.50
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	124.22

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2022, NOTAS núm. 195, ENERO-FEBRERO 2022, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

Tabla 16 Costos Generalizados de Viaje - Situación Actual

ALTA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	\$9.24	\$24.47	\$25.74	\$32,702,975.00	\$384,421.40	\$2,511,411.87	\$35,598,808.27
Valor tiempo								
				Situación Actual				
Velocidad de Recorrido (km/h)				Valor Tiempo (\$/Km) Diario				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	18.09	16.22	14.88	\$21,235,414.36	\$1,208,623.34	\$3,664,645.21	\$26,108,682.90
MEDIA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	\$8.81	\$24.02	\$25.14	\$3,336,939.78	\$40,359.37	\$262,275.47	\$3,639,574.63
Valor tiempo								
				Situación Actual				
Velocidad de Recorrido (km/h)				Valor Tiempo (\$/Km) Diario				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	20.34	17.31	16.00	\$2,020,120.57	\$121,136.13	\$364,538.85	\$2,505,795.54

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

BAJA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	\$8.51	\$22.99	\$24.29	\$1,405,984.50	\$14,939.13	\$110,599.60	\$1,531,523.24
Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/h)				Situación Actual				
Velocidad de Recorrido (km/h)				Valor Tiempo (\$/Km) Diario				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	21.95	19.78	17.56	\$816,934.79	\$40,986.46	\$144,954.92	\$1,002,876.17
TOTAL TRAMO 1								
CGV's Anuales (\$)								
Año				Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	ALTA CONGESTIÓN		\$53,938,389.36	\$1,593,044.74	\$6,176,057.08	\$61,707,491.18	
0	2022	MEDIA CONGESTIÓN		\$5,357,060.35	\$161,495.50	\$626,814.31	\$6,145,370.17	
0	2022	BAJA CONGESTIÓN		\$2,222,919.29	\$55,925.59	\$255,554.52	\$2,534,399.40	
0	2022	CGV'S TOTALES		\$61,518,369.00	\$1,810,465.83	\$7,058,425.92	\$70,387,260.75	

Fuente: Elaboración propia

III. Situación sin el Proyecto o Programa de Inversión

La presente evaluación plantea medidas de optimización u obras de tipo menor que contribuyan a elevar las condiciones de operación de los trazos de las vialidades en estudio. 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 comprar

arla 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.

a) Optimizaciones

En caso de que el proyecto no se realice, como medida de optimización se dará mantenimiento mínimo a lo largo del cruce vehicular bajo la carretera Toluca-México, ubicado en los límites de los municipios de Ocoyoacac y Lerma, consiste en mantener la geometría de la sección actual, pero a diferencia de la situación actual se pretende dar mantenimiento a la superficie de rodadura. Sin embargo, el problema está en que se requiere dar mantenimiento continuo a la capa de rodadura cada vez que se realice un desgaste, aunado a lo anterior los tiempos de espera para el cruce no disminuirán

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

- Limpieza de la superficie de rodadura
 - o La limpieza de la superficie de rodadura 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
 - o 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.
- Mejoramiento de la señalización vertical en el camino
 - o Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las señales verticales en la vialidad, cuando ya han perdido su capacidad de retro reflexión 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.

A pesar de que esta alternativa podría mejorar las condiciones de operatividad y seguridad de las vialidades de la zona de influencia, la realidad es 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.

Tabla 17 Costos de las medidas de optimización

COSTOS DE OPTIMIZACIÓN				
Datos Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias				
		LONGITUD =	1000.00	M
		ANCHO =	5.00	M
		ÁREA =	5000	M ²
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
LIMPIEZA	m ²	5000.00	\$2.00	\$10,000.00
BACHEO AISLADO (5 CM)	m ²	500.00	\$6,450.00	\$3,225,000.00
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	m	6000.00	\$17.00	\$102,000.00
TOTAL + IVA=				\$3,870,900.00
TOTAL SIN IVA=				\$3,336,982.76

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis de la Oferta

La oferta está integrada por la optimización de infraestructura mediante trabajos de mantenimiento del cruce bajo la carretera Toluca- México, con un mantenimiento continuo a la carpeta asfáltica al realizar trabajos de bacheo y señalamiento.

En relación a la oferta actual del cruce bajo la carretera Toluca- México, la geometría de éste seguirá sin cambio aun implementando los trabajos de mantenimiento por lo que la condición del conflicto vehicular seguirá presentándose en caso de no realizarse el PIV.

Tabla 18 Características físicas y geométricas en la situación optimizada

Parámetros para ambos sentidos de la vialidad	Cruce bajo la carretera Toluca- M
Longitud a atender	890 metros
Número de carriles	1 para ambos sentidos
Ancho de calzada (m)	3.5 metros
Acotamientos	No
Tipo de superficie	Asfalto
Índice de rugosidad (m/km)	5
Alumbrado publico	Inexistente
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Inexistente
Obras de Drenaje	Inexistente
Guarniciones y banquetas	Inexistente
Velocidad de operación promedio (km/h) alta congestión	17.73 km/h
Tiempo de recorrido con alta congestión	03:02 minutos
Velocidad de operación promedio (km/h) media congestión	19.34 km/h
Tiempo de recorrido con media congestión	02:47 minutos
Velocidad de operación promedio (km/h) baja congestión	21.37 km/h
Tiempo de recorrido con baja congestión	02:31 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Los tiempos de recorrido son sin considerar los tiempos de espera por coincidencia con vehículos provenientes en sentido contrario. El tiempo de espera es aproximadamente 1 minutos más por vehículo en la fila.

Cabe mencionar que las medidas de optimización descritas en el presente apartado permiten una mejora mínima en cuanto a la situación de operación de las vialidades, sin embargo, la implementación de estas acciones cual no garantiza mejorar los conflictos viales para la demanda que tendrá a futuro. Como conclusión, esta serie de soluciones optimizadas puede generar avances en términos de eficiencia operativa pero no resuelve la problemática en su totalidad.

c) Análisis de la Demanda

Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Transito 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 los siguientes datos:

Tabla 19 TDPA proyecto

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias	
Transito Diario Promedio Anual	
Tramo	TDPA
Cruce bajo carretera Toluca- México	12,975

Fuente: Elaboración propia

Periodización

Las horas generalmente se reparten en periodos de alta, media y baja congestión, adicionalmente a partir del estudio de aforos se determinaron los aforos vehiculares para cada uno de los periodos de alta, media y baja congestión.

Todo esto con el objetivo de poder tener un panorama del comportamiento por movimiento de los flujos y clasificación del tránsito.

La tabla siguiente presenta el tránsito diario promedio anual por periodo de congestión de cada uno de los movimientos del cruce en cuestión.

Tabla 20 Periodización

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Transito Diario Promedio Anual					
Tipo de vehículo	TDPA	A	B	C	Total
Alta Congestión	11,247.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
Media Congestión	1,203.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
Baja Congestión	525.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
TDPA	12,975.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

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 21 Composición vehicular

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Transito Diario Promedio Anual					
Tramo	TDPA	A	B	C	Total
Cruce bajo carretera Toluca- México	12,975.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

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 22 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.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 2012 al 2021, de la carretera México- Toluca en el Km 51+710 misma que es la carretera que se encuentra más cercana a la zona del proyecto de la cual se cuentan con datos viales.

Cabe mencionar que se considera como tasa de crecimiento el promedio de las tasas medias anual registradas, esto con el fin de no sobre valorar los beneficios del proyecto.

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.⁴

N_i: población en el momento inicial del periodo

N_f: 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 23. Tasa de crecimiento de la carretera México- Toluca en dirección a México

DATOS VIALES SCT				
Camino	Año	TDPA	Tasa de crecimiento anual	
Carretera México- Toluca Km 51+710 Sentido a México	2012	62,992	2012- 2013	-0.63%
	2013	62,598	2013- 2014	3.11%
	2014	64,547	2014- 2015	-4.08%
	2015	61,913	2015- 2016	0.13%
	2016	61,994	2016- 2017	2.41%
	2017	63,485	2017- 2018	7.07%
	2018	67,976	2018- 2019	14.44%
	2019	77,789	2019- 2020	-18.78%
	2020	63,177	2020- 2021	15.91%
	2021	73,228	Promedio	2.18%

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

Con base en el análisis anterior se determinó que la tasa decrecimiento a utilizar será de 2.18% a fin de no sobrevalorar el proyecto.

Esto se considera ya que es necesario reestimar la demanda a lo largo del horizonte de evaluación para que contenga los impactos derivados de las optimizaciones en caso de haberlos, dado que la optimización propuesta únicamente modifica las características de la oferta, la demanda de la situación sin proyecto se

⁴http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

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

Tabla 24 Proyección de TDPA

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias													
ALTA CONGESTIÓN				MEDIA CONGESTION									
Demanda (TDPA)				11,247									
Crecimiento Anual				2.18%									
Clasificación vehicular													
Año	Clasificación vehicular			Total Día	Total Anual	Año	Clasificación vehicular			Total Día	Total Anual		
	A	B	C				A	B	C				
	96.90%	0.43%	2.67%	100%	365		96.90%	0.43%	2.67%	100%	365		
0	2022	10,898	48	300	11,247	4,105,155	0	2022	1,166	5	32	1,203	439,095
1	2023	11,135	49	307	11,491	4,194,215	1	2023	1,191	5	33	1,229	448,519
2	2024	11,377	50	314	11,741	4,285,372	2	2024	1,217	5	34	1,256	458,269
3	2025	11,624	51	321	11,996	4,378,415	3	2025	1,243	5	34	1,282	468,026
4	2026	11,877	52	327	12,257	4,473,711	4	2026	1,270	5	35	1,310	478,153
5	2027	12,135	53	335	12,523	4,570,896	5	2027	1,298	5	36	1,339	488,651
6	2028	12,399	55	342	12,795	4,670,337	6	2028	1,326	5	37	1,368	499,155
7	2029	12,669	56	349	13,074	4,772,035	7	2029	1,355	5	37	1,397	510,030
8	2030	12,945	57	357	13,359	4,875,991	8	2030	1,384	5	38	1,427	520,911
9	2031	13,227	58	365	13,650	4,982,207	9	2031	1,414	5	39	1,458	532,164
10	2032	13,515	59	373	13,947	5,090,685	10	2032	1,445	5	40	1,490	543,789
11	2033	13,809	61	381	14,250	5,201,426	11	2033	1,476	5	41	1,522	555,420
12	2034	14,109	62	389	14,560	5,314,431	12	2034	1,508	5	42	1,555	567,423
13	2035	14,416	63	397	14,877	5,430,068	13	2035	1,541	5	42	1,588	579,799
14	2036	14,730	65	406	15,201	5,548,337	14	2036	1,575	5	43	1,623	592,546
15	2037	15,050	66	415	15,531	5,668,877	15	2037	1,609	5	44	1,658	605,301
16	2038	15,377	68	424	15,869	5,792,052	16	2038	1,644	5	45	1,694	618,428
17	2039	15,712	69	433	16,214	5,918,231	17	2039	1,680	5	46	1,731	631,928
18	2040	16,054	71	443	16,567	6,047,049	18	2040	1,717	5	47	1,769	645,800
19	2041	16,403	72	452	16,927	6,178,510	19	2041	1,754	5	48	1,807	659,681
20	2042	16,760	74	462	17,296	6,312,979	20	2042	1,792	5	49	1,846	673,935
21	2043	17,125	75	472	17,672	6,450,458	21	2043	1,831	5	50	1,886	688,562
22	2044	17,498	77	482	18,057	6,590,950	22	2044	1,871	5	52	1,928	703,563
23	2045	17,879	79	493	18,451	6,734,457	23	2045	1,912	5	53	1,970	718,937
24	2046	18,268	80	504	18,852	6,880,981	24	2046	1,954	5	54	2,013	734,686
25	2047	18,665	82	515	19,262	7,030,523	25	2047	1,997	5	55	2,057	750,808
26	2048	19,071	84	526	19,681	7,183,450	26	2048	2,040	5	56	2,101	766,940
27	2049	19,486	86	537	20,109	7,339,766	27	2049	2,084	5	57	2,146	783,446
28	2050	19,910	88	549	20,547	7,499,473	28	2050	2,129	5	59	2,193	800,327
29	2051	20,343	90	561	20,993	7,662,572	29	2051	2,175	5	60	2,240	817,583
30	2052	20,786	91	573	21,450	7,829,431	30	2052	2,222	5	61	2,288	835,214

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

BAJA CONGESTIÓN						
Demanda (TDPA)					525	
Crecimiento Anual					2.18%	
Clasificación vehicular						
Año	Clasificación vehicular			Total Día	Total Anual	
	A	B	C			
	96.90%	0.43%	2.67%	100%	365	
0	2022	509	2	14	525	191,531
1	2023	520	2	14	536	195,682
2	2024	531	2	15	548	199,923
3	2025	543	2	15	560	204,256
4	2026	554	2	15	572	208,683
5	2027	567	2	16	584	213,207
6	2028	579	2	16	597	217,829
7	2029	591	2	16	610	222,552
8	2030	604	2	17	623	227,377
9	2031	617	2	17	636	232,308
10	2032	631	2	17	650	237,346
11	2033	645	2	18	664	242,493
12	2034	659	2	18	679	247,752
13	2035	673	2	19	693	253,126
14	2036	688	2	19	709	258,616
15	2037	703	2	19	724	264,226
16	2038	718	2	20	740	269,958
17	2039	733	2	20	756	275,815
18	2040	749	2	21	772	281,799
19	2041	766	2	21	789	287,914
20	2042	782	2	22	806	294,161
21	2043	799	2	22	823	300,544
22	2044	817	2	23	841	307,066
23	2045	835	2	23	860	313,730
24	2046	853	2	23	878	320,539
25	2047	871	2	24	897	327,496
26	2048	890	2	25	917	334,605
27	2049	910	2	25	937	341,868
28	2050	929	2	26	957	349,289
29	2051	950	2	26	978	356,871
30	2052	970	2	27	999	364,619

Fuente: Elaboración propia

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, 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.

Se considera un aumento de velocidades mínimo a lo largo del cruce bajo la carretera Toluca- México 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 25 Velocidades de Recorrido para los periodos de alta, media y baja congestión

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias				
Velocidades Situación Actual				
Tipo de vehículo	A	B	C	Promedio
Alta Congestión	19.56	17.54	16.09	17.73
Media Congestión	21.99	18.72	17.30	19.34
Baja Congestión	23.73	21.39	18.99	21.37

Fuente: Elaboración propia

Costos de Operación vehicular (Situación Actual)

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado VehicleOperatingCost (VOC) que es parte del modelo HighwayDevelopment and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial.

Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), sobre 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.

El programa simula los efectos de las características físicas y geométricas del camino en las velocidades de operación, el valor promedio de IRI, en consumo de combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, etc., aplica costos unitarios a las cantidades consumidas de recursos y determina costos totales de operación por cada segmento de carretera considerado. Posteriormente su vinculación del TDPA por configuración vehicular obteniendo así los costos totales de operación vehicular para cada tipo de vehículo que transita por el camino.

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Tabla 26 Costos de Operación Vehicular- Situación Optimizada

SITUACIÓN SIN PROYECTO				
ALTA CONGESTIÓN				
Longitud: 0.89 Km	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
Clasificación Vehicular	A	B	C	6.00
Velocidad Promedio	19.56	17.54	16.09	17.73
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$8,580.66	\$23,204.30	\$24,371.00	
COV's/km -veh	\$8.58	\$23.20	\$24.37	
Tiempo de recorrido	00:02:44	00:03:03	00:03:19	
MEDIA CONGESTIÓN				
Longitud: 0.89 Km	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
Clasificación Vehicular	A	B	C	6.00
Velocidad Promedio	21.99	18.72	17.30	19.34
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$8,120.89	\$22,715.91	\$23,713.03	
COV's/km -veh	\$8.12	\$22.72	\$23.71	
Tiempo de recorrido	00:02:26	00:02:51	00:03:05	
BAJA CONGESTIÓN				
Longitud: 0.89 Km	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
Clasificación Vehicular	A	B	C	6.00
Velocidad Promedio	23.73	21.39	18.99	21.37
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$7,791.89	\$21,609.21	\$22,796.57	
COV's/km -veh	\$7.79	\$21.61	\$22.80	
Tiempo de recorrido	00:02:15	00:02:30	00:02:49	

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran a continuación por tipo de vehículo y para cada uno de los horarios de alta, media y baja congestión.

Tabla 27 Parámetros con los que se alimentó el VOC-MEX 3.0 Situación optimizada

Vehículo ligero		
Características de la carretera		Cruce Actual
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	5.00
3. Pendiente media ascendente	%	6.67
4. Pendiente media descendente	%	0.93
5. Proporción de viaje ascendente	%	12.24
6. Curvatura horizontal promedio	Grados/km	90.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	Fracción	D*
8. altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	1.00
*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)		
Selección del vehículo, tipo del vehículo		4.00

Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	1,680.00
2. Carga útil	kg	1,030.00
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	63.87
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	51.91
5. Velocidad deseada	km/h	19.56
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.46
7. Área frontal proyectada	m ²	2.58
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	3 700.00
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.16
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	4.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	0.00
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.38
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	0.00
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.00
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	0.00
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. Numero de km conducidos por año	km	25 000.00
2. Número de horas conducidas por año	horas	2 808.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.60
4. Vida útil promedio de servicio	años	6.00
5. ¿usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	75 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	2.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	337,645.31
2. Costo del combustible	\$/litro	16.29
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.93
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	1 050.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	32.73
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	30.97
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	0.50
Coeficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.31
2. Cpo	Refacciones	32.49
3. CPq	Refacciones	13.7
4. QIPo	Refacciones	120.00
5. Clo	Mantenimiento	77.14
6. CLp	Mantenimiento	0.55

7. CLq	Mantenimiento	0.00
8. Coo	Lubricantes	1.55
9. FRATIOo	VCURVE	0.22
10. FRATIO1	VCURVE	0.00
11. ARVMAX	VROUGH	239.70
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.31
3. Eo	Velocidad	1
4. Ao	Combustible	6 014.00
5. A1	Combustible	37.60
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	3 846.00
8. A4	Combustible	1.40
9. A5	Combustible	0.00
10. A6	Combustible	3604
11. A7	Combustible	0.00
12. NHO	Combustible	-12.00

Autobús Foráneo		
Características de la carretera		Cruce Actual
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	5.00
3. Pendiente media ascendente	%	6.67
4. Pendiente media descendente	%	0.93
5. Proporción de viaje ascendente	%	12.24
6. Curvatura horizontal promedio	grados/km	90.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	fracción	D*
8. Altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	1.00

*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo, tipo del vehículo	5.00	
Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	17 500.00
2. Carga útil	kg	7 500.00
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	288.95
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	333.56
5. Velocidad deseada	km/h	17.54
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.65
7. Área frontal proyectada	m ²	6.98
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	1 700
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15

Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	10.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	6.85
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.33
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. numero de km conducidos por año	km	240 000.00
2. número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.8
4. Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5. ¿usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	750 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	23.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	2'289,927.00
2. Costo del combustible	\$/litro	18.0
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.07
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,886.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	81.06
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	70.0
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	1.42
Coeficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.48
2. Cpo	Refacciones	1.77
3. CPq	Refacciones	3.56
4. QIPo	Refacciones	190.00
5. Clo	Mantenimiento	293.44
6. CLp	Mantenimiento	0.52
7. CLq	Mantenimiento	0.01
8. Coo	Lubricantes	3.07
9. FRATIOo	VCURVE	0.23
10. FRATIO1	VCURVE	0.00
11. ARVMAX	VROUGH	212.80
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.27
3. Eo	Velocidad	1.01
4. Ao	Combustible	-7276.00
5. A1	Combustible	63.50
6. A2	Combustible	0.00

7. A3	Combustible	4 323.00
8. A4	Combustible	0.00
9. A5	Combustible	8.64
10. A6	Combustible	2 479.00
11. A7	Combustible	11.50
12. NHO	Combustible	-50.00

Camión de dos ejes		
Características de la carretera		Cruce Actual
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	5.00
3. Pendiente media ascendente	%	6.67
4. Pendiente media descendente	%	0.93
5. Proporción de viaje ascendente	%	12.24
6. Curvatura horizontal promedio	grados/km	90.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	fracción	D*
8. Altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	1.00

*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo, tipo del vehículo		
Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	5 501.60
2. Carga útil	kg	10,374.10
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	163.49
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	218.27
5. Velocidad deseada	km/h	16.09
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.85
7. Área frontal proyectada	m ²	6.05
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	2 100.00
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	6.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	7.60
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.33
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. Numero de km conducidos por año	km	150 000.00
2. Número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.85
4. Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5. ¿Usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	500 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	0.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	565,702.81
2. Costo del combustible	\$/litro	18.00
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.07
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,700.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	0.00
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	51.50
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	0.89
Coefficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.37
2. Cpo	Refacciones	1.49
3. CPq	Refacciones	251.79
4. QIPo	Refacciones	0.00
5. Clo	Mantenimiento	242.03
6. CLp	Mantenimiento	0.52
7. CLq	Mantenimiento	0.00
8. Coo	Lubricantes	3.07
9. FRATIOo	VCURVE	0.29
10. FRATIO1	VCURVE	0.09
11. ARVMAX	VROUGH	177.70
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.31
3. Eo	Velocidad	1.01
4. Ao	Combustible	-22,955.00
5. A1	Combustible	95.00
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	3 758.00
8. A4	Combustible	0.00
9. A5	Combustible	19.12
10. A6	Combustible	2 394.00
11. A7	Combustible	13.76
12. NHO	Combustible	-85.00

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

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. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2022, del IMT.

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

Tabla 28 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (en pesos)	\$172.87
Valor tiempo por motivo de trabajo	54.89
% coeficiente tiempo motivo trabajo	97.10%
Valor del tiempo por motivo de placer	32.93
% coeficiente tiempo motivo placer	2.90%
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)	4.50
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	124.22

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2022, NOTAS núm. 195, ENERO-FEBRERO 2022, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

Se presenta a continuación el cuadro con los CGV en la Situación sin proyecto, con base en las modificaciones realizadas al IRI y a las velocidades promedio de circulación para el cruce bajo la carretera Toluca- México.

Aunado a lo anterior se considerará un porcentaje de 4.72% de inflación que se pudiera presentar en el horizonte de evaluación en los costos de operación vehicular. Esto tomando como referencia económica la Unidad de Medida y Actualización (UMA⁵) registrada durante los años 2016 y 2022.

Tabla 29 Costos de Operación Vehicular y Costo Valor del Tiempo

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias								
Incremento de COV 4.72%								
ALTA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	
1	2023	\$8.58	\$23.20	\$24.37	\$31,037,999.85	\$369,357.86	\$2,430,493.96	\$33,837,851.67
2	2024	\$8.99	\$24.30	\$25.52	\$33,208,157.20	\$395,191.06	\$2,600,484.77	\$36,203,833.03
3	2025	\$9.41	\$25.44	\$26.72	\$35,529,257.55	\$422,831.06	\$2,782,364.88	\$38,734,453.50

⁵ <https://www.inegi.org.mx/temas/uma/>

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

4	2026	\$9.85	\$26.64	\$27.98	\$38,014,632.84	\$452,404.23	\$2,976,965.85	\$41,444,002.91
5	2027	\$10.32	\$27.90	\$29.30	\$40,672,169.36	\$484,045.76	\$3,185,177.37	\$44,341,392.49
6	2028	\$10.80	\$29.22	\$30.69	\$43,516,877.90	\$517,900.33	\$3,407,951.37	\$47,442,729.60
7	2029	\$11.31	\$30.59	\$32.13	\$46,561,495.24	\$554,122.72	\$3,646,306.39	\$50,761,924.35
8	2030	\$11.85	\$32.04	\$33.65	\$49,819,590.10	\$592,878.54	\$3,901,332.15	\$54,313,800.79
9	2031	\$12.41	\$33.55	\$35.24	\$53,305,615.41	\$634,344.96	\$4,174,194.64	\$58,114,155.01
10	2032	\$12.99	\$35.13	\$36.90	\$57,034,963.89	\$678,711.59	\$4,466,141.35	\$62,179,816.83
11	2033	\$13.60	\$36.79	\$38.64	\$61,024,026.98	\$726,181.25	\$4,778,507.07	\$66,528,715.30
12	2034	\$14.25	\$38.52	\$40.46	\$65,290,257.29	\$776,970.99	\$5,112,719.91	\$71,179,948.19
13	2035	\$14.92	\$40.34	\$42.37	\$69,857,080.76	\$831,313.00	\$5,470,307.89	\$76,158,701.65
14	2036	\$15.62	\$42.24	\$44.37	\$74,744,960.91	\$889,455.73	\$5,852,905.86	\$81,487,322.51
15	2037	\$16.36	\$44.23	\$46.46	\$79,970,384.67	\$951,665.02	\$6,262,263.07	\$87,184,312.77
16	2038	\$17.13	\$46.32	\$48.65	\$85,561,386.25	\$1,018,225.28	\$6,700,251.07	\$93,279,862.61
17	2039	\$17.94	\$48.50	\$50.94	\$91,548,489.12	\$1,089,440.82	\$7,168,872.32	\$99,806,802.26
18	2040	\$18.78	\$50.79	\$53.35	\$97,952,715.96	\$1,165,637.24	\$7,670,269.33	\$106,788,622.54
19	2041	\$19.67	\$53.19	\$55.86	\$104,802,108.78	\$1,247,162.90	\$8,206,734.48	\$114,256,006.16
20	2042	\$20.60	\$55.70	\$58.50	\$112,133,212.30	\$1,334,390.53	\$8,780,720.46	\$122,248,323.30
21	2043	\$21.57	\$58.32	\$61.26	\$119,978,752.61	\$1,427,718.94	\$9,394,851.51	\$130,801,323.06
22	2044	\$22.58	\$61.07	\$64.14	\$128,373,590.21	\$1,527,574.81	\$10,051,935.40	\$139,953,100.43
23	2045	\$23.65	\$63.95	\$67.17	\$137,354,854.21	\$1,634,414.69	\$10,754,976.30	\$149,744,245.20
24	2046	\$24.76	\$66.97	\$70.34	\$146,962,084.62	\$1,748,727.04	\$11,507,188.47	\$160,218,000.13
25	2047	\$25.93	\$70.13	\$73.65	\$157,237,383.32	\$1,871,034.50	\$12,312,011.00	\$171,420,428.82
26	2048	\$27.16	\$73.44	\$77.13	\$168,234,395.73	\$2,001,896.24	\$13,173,123.51	\$183,409,415.48
27	2049	\$28.44	\$76.90	\$80.77	\$180,002,085.77	\$2,141,910.56	\$14,094,462.95	\$196,238,459.28
28	2050	\$29.78	\$80.53	\$84.57	\$192,592,607.09	\$2,291,717.61	\$15,080,241.66	\$209,964,566.36
29	2051	\$31.18	\$84.32	\$88.56	\$206,061,503.41	\$2,452,002.28	\$16,134,966.57	\$224,648,472.26
30	2052	\$32.65	\$88.30	\$92.74	\$220,478,528.03	\$2,623,497.40	\$17,263,459.83	\$240,365,485.27

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/h)				Situación Sin Proyecto				
				Valor Tiempo (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	19.56	17.54	16.09	\$20,067,092.46	\$1,132,598.20	\$3,465,104.34	\$24,664,795.01
2	2024	19.13	17.16	15.74	\$20,959,157.10	\$1,182,970.59	\$3,619,215.12	\$25,761,342.81
3	2025	18.72	16.78	15.40	\$21,890,389.07	\$1,235,583.30	\$3,780,179.98	\$26,906,152.35
4	2026	18.31	16.42	15.06	\$22,864,223.69	\$1,290,535.96	\$3,948,303.77	\$28,103,063.41
5	2027	17.91	16.06	14.73	\$23,880,384.16	\$1,347,932.64	\$4,123,904.87	\$29,352,221.67
6	2028	17.52	15.71	14.41	\$24,942,501.83	\$1,407,882.04	\$4,307,315.85	\$30,657,699.72
7	2029	17.14	15.37	14.10	\$26,052,386.55	\$1,470,497.70	\$4,498,884.04	\$32,021,768.29
8	2030	16.77	15.03	13.79	\$27,211,911.92	\$1,535,898.20	\$4,698,972.24	\$33,446,782.35
9	2031	16.40	14.71	13.49	\$28,423,017.32	\$1,604,207.38	\$4,907,959.38	\$34,935,184.09
10	2032	16.05	14.39	13.20	\$29,687,710.12	\$1,675,554.62	\$5,126,241.24	\$36,489,505.98
11	2033	15.70	14.07	12.91	\$31,008,067.79	\$1,750,075.04	\$5,354,231.20	\$38,112,374.03
12	2034	15.36	13.77	12.63	\$32,386,240.24	\$1,827,909.76	\$5,592,361.03	\$39,806,511.03
13	2035	15.02	13.47	12.36	\$33,826,798.61	\$1,909,206.18	\$5,841,081.70	\$41,577,086.49
14	2036	14.70	13.18	12.09	\$35,332,201.25	\$1,994,118.27	\$6,100,864.25	\$43,427,183.76
15	2037	14.38	12.89	11.82	\$36,902,541.14	\$2,082,806.83	\$6,372,200.64	\$45,357,548.60
16	2038	14.06	12.61	11.57	\$38,542,795.61	\$2,175,439.82	\$6,655,604.74	\$47,373,840.16
17	2039	13.76	12.33	11.32	\$40,258,250.00	\$2,272,192.66	\$6,951,613.25	\$49,482,055.92
18	2040	13.46	12.07	11.07	\$42,049,274.32	\$2,373,248.60	\$7,260,786.77	\$51,683,309.69
19	2041	13.16	11.80	10.83	\$43,918,788.94	\$2,478,799.01	\$7,583,710.80	\$53,981,298.75
20	2042	12.88	11.55	10.59	\$45,872,552.86	\$2,589,043.78	\$7,920,996.90	\$56,382,593.54
21	2043	12.60	11.30	10.36	\$47,913,875.51	\$2,704,191.69	\$8,273,283.83	\$58,891,351.03

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

22	2044	12.32	11.05	10.14	\$50,046,182.66	\$2,824,460.82	\$8,641,238.74	\$61,511,882.22
23	2045	12.06	10.81	9.92	\$52,273,020.21	\$2,950,078.93	\$9,025,558.48	\$64,248,657.61
24	2046	11.79	10.57	9.70	\$54,598,058.10	\$3,081,283.91	\$9,426,970.86	\$67,106,312.87
25	2047	11.54	10.34	9.49	\$57,025,094.30	\$3,218,324.24	\$9,846,236.10	\$70,089,654.64
26	2048	11.29	10.12	9.28	\$59,561,182.10	\$3,361,459.45	\$10,284,148.18	\$73,206,789.72
27	2049	11.04	9.90	9.08	\$62,210,596.43	\$3,510,960.61	\$10,741,536.43	\$76,463,093.47
28	2050	10.80	9.68	8.88	\$64,977,762.34	\$3,667,110.84	\$11,219,267.07	\$79,864,140.25
29	2051	10.57	9.47	8.69	\$67,867,259.86	\$3,830,205.87	\$11,718,244.80	\$83,415,710.53
30	2052	10.34	9.27	8.50	\$70,887,239.32	\$4,000,554.56	\$12,239,414.61	\$87,127,208.49

MEDIA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	\$8.12	\$22.72	\$23.71	\$3,141,941.02	\$36,896.32	\$252,809.27	\$3,431,646.61
2	2024	\$8.50	\$23.79	\$24.83	\$3,361,943.09	\$38,636.39	\$270,490.96	\$3,671,070.45
3	2025	\$8.90	\$24.91	\$26.00	\$3,595,708.04	\$40,458.53	\$289,409.33	\$3,925,575.90
4	2026	\$9.32	\$26.08	\$27.23	\$3,847,073.88	\$42,366.60	\$309,650.87	\$4,199,091.34
5	2027	\$9.76	\$27.31	\$28.51	\$4,117,323.69	\$44,364.65	\$331,308.11	\$4,492,996.45
6	2028	\$10.23	\$28.60	\$29.86	\$4,404,507.51	\$46,456.94	\$354,480.08	\$4,805,444.54
7	2029	\$10.71	\$29.95	\$31.27	\$4,713,099.83	\$48,647.90	\$379,272.72	\$5,141,020.46
8	2030	\$11.21	\$31.36	\$32.74	\$5,041,002.90	\$50,942.19	\$405,799.37	\$5,497,744.47
9	2031	\$11.74	\$32.84	\$34.28	\$5,393,165.89	\$53,344.69	\$434,181.33	\$5,880,691.90
10	2032	\$12.29	\$34.39	\$35.90	\$5,771,327.64	\$55,860.48	\$464,548.34	\$6,291,736.45
11	2033	\$12.87	\$36.01	\$37.59	\$6,173,163.12	\$58,494.92	\$497,039.24	\$6,728,697.29
12	2034	\$13.48	\$37.71	\$39.37	\$6,604,443.81	\$61,253.61	\$531,802.59	\$7,197,500.01
13	2035	\$14.12	\$39.49	\$41.22	\$7,067,259.85	\$64,142.40	\$568,997.31	\$7,700,399.57
14	2036	\$14.78	\$41.35	\$43.17	\$7,563,842.76	\$67,167.43	\$608,793.47	\$8,239,803.66
15	2037	\$15.48	\$43.30	\$45.20	\$8,091,545.69	\$70,335.12	\$651,373.00	\$8,813,253.82
16	2038	\$16.21	\$45.35	\$47.34	\$8,657,465.57	\$73,652.20	\$696,930.58	\$9,428,048.35
17	2039	\$16.98	\$47.48	\$49.57	\$9,264,281.74	\$77,125.73	\$745,674.50	\$10,087,081.97
18	2040	\$17.78	\$49.72	\$51.91	\$9,914,853.02	\$80,763.06	\$797,827.61	\$10,793,443.69
19	2041	\$18.61	\$52.07	\$54.35	\$10,606,182.29	\$84,571.94	\$853,628.35	\$11,544,382.58
20	2042	\$19.49	\$54.52	\$56.92	\$11,346,999.00	\$88,560.45	\$913,331.84	\$12,348,891.28
21	2043	\$20.41	\$57.10	\$59.60	\$12,140,731.88	\$92,737.06	\$977,211.04	\$13,210,679.98
22	2044	\$21.37	\$59.79	\$62.41	\$12,991,037.14	\$97,110.64	\$1,045,558.01	\$14,133,705.79
23	2045	\$22.38	\$62.61	\$65.36	\$13,901,812.85	\$101,690.49	\$1,118,685.23	\$15,122,188.57
24	2046	\$23.44	\$65.56	\$68.44	\$14,877,214.40	\$106,486.33	\$1,196,927.02	\$16,180,627.75
25	2047	\$24.54	\$68.65	\$71.67	\$15,921,670.80	\$111,508.34	\$1,280,641.12	\$17,313,820.26
26	2048	\$25.70	\$71.89	\$75.05	\$17,031,553.21	\$116,767.20	\$1,370,210.24	\$18,518,530.65
27	2049	\$26.91	\$75.28	\$78.58	\$18,219,452.23	\$122,274.08	\$1,466,043.91	\$19,807,770.21
28	2050	\$28.18	\$78.83	\$82.29	\$19,490,670.31	\$128,040.66	\$1,568,580.27	\$21,187,291.23
29	2051	\$29.51	\$82.55	\$86.17	\$20,850,855.95	\$134,079.20	\$1,678,288.10	\$22,663,223.26
30	2052	\$30.90	\$86.44	\$90.24	\$22,306,025.49	\$140,402.53	\$1,795,669.00	\$24,242,097.02

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/h)				Situación Sin Proyecto				
				Valor Tiempo (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	21.99	18.72	17.30	\$1,908,945.85	\$108,293.80	\$344,495.88	\$2,361,735.53
2	2024	21.51	18.31	16.92	\$1,993,995.86	\$110,701.98	\$359,817.36	\$2,464,515.20

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

3	2025	21.05	17.91	16.55	\$2,081,884.47	\$113,163.72	\$375,820.27	\$2,570,868.46
4	2026	20.59	17.52	16.19	\$2,174,408.03	\$115,680.20	\$392,534.90	\$2,682,623.13
5	2027	20.14	17.14	15.84	\$2,271,767.27	\$118,252.65	\$409,992.92	\$2,800,012.84
6	2028	19.70	16.77	15.50	\$2,372,381.32	\$120,882.29	\$428,227.38	\$2,921,491.00
7	2029	19.27	16.40	15.16	\$2,478,175.68	\$123,570.42	\$447,272.83	\$3,049,018.93
8	2030	18.85	16.05	14.83	\$2,587,502.10	\$126,318.32	\$467,165.32	\$3,180,985.74
9	2031	18.44	15.70	14.51	\$2,702,376.49	\$129,127.33	\$487,942.53	\$3,319,446.35
10	2032	18.04	15.35	14.19	\$2,823,034.05	\$131,998.80	\$509,643.81	\$3,464,676.67
11	2033	17.65	15.02	13.88	\$2,947,721.51	\$134,934.13	\$532,310.26	\$3,614,965.91
12	2034	17.27	14.69	13.58	\$3,078,599.96	\$137,934.73	\$555,984.80	\$3,772,519.49
13	2035	16.89	14.37	13.29	\$3,215,928.48	\$141,002.06	\$580,712.27	\$3,937,642.80
14	2036	16.52	14.06	13.00	\$3,359,975.61	\$144,137.60	\$606,539.49	\$4,110,652.70
15	2037	16.16	13.76	12.71	\$3,508,838.95	\$147,342.87	\$633,515.38	\$4,289,697.19
16	2038	15.81	13.46	12.44	\$3,664,890.72	\$150,619.41	\$661,691.02	\$4,477,201.15
17	2039	15.47	13.16	12.17	\$3,828,426.57	\$153,968.81	\$691,119.78	\$4,673,515.16
18	2040	15.13	12.88	11.90	\$3,999,752.88	\$157,392.70	\$721,857.38	\$4,879,002.96
19	2041	14.80	12.60	11.64	\$4,176,805.75	\$160,892.73	\$753,962.04	\$5,091,660.52
20	2042	14.48	12.32	11.39	\$4,362,189.41	\$164,470.59	\$787,494.56	\$5,314,154.55
21	2043	14.17	12.05	11.14	\$4,556,240.94	\$168,128.01	\$822,518.44	\$5,546,887.39
22	2044	13.86	11.79	10.90	\$4,759,309.52	\$171,866.76	\$859,100.01	\$5,790,276.29
23	2045	13.56	11.54	10.66	\$4,971,756.79	\$175,688.65	\$897,308.54	\$6,044,753.98
24	2046	13.26	11.29	10.43	\$5,193,957.25	\$179,595.54	\$937,216.41	\$6,310,769.20
25	2047	12.97	11.04	10.20	\$5,426,298.76	\$183,589.30	\$978,899.18	\$6,588,787.23
26	2048	12.69	10.80	9.98	\$5,666,405.21	\$187,671.87	\$1,022,435.79	\$6,876,512.87
27	2049	12.41	10.56	9.77	\$5,917,346.48	\$191,845.23	\$1,067,908.70	\$7,177,100.41
28	2050	12.14	10.33	9.55	\$6,179,548.87	\$196,111.40	\$1,115,404.02	\$7,491,064.28
29	2051	11.88	10.11	9.34	\$6,453,453.65	\$200,472.43	\$1,165,011.69	\$7,818,937.78
30	2052	11.62	9.89	9.14	\$6,739,517.62	\$204,930.45	\$1,216,825.67	\$8,161,273.74

BAJA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	\$7.79	\$21.61	\$22.80	\$1,315,694.79	\$14,039.50	\$106,064.27	\$1,435,798.57
2	2024	\$8.16	\$22.63	\$23.87	\$1,407,715.60	\$14,701.62	\$113,482.50	\$1,535,899.72
3	2025	\$8.54	\$23.70	\$25.00	\$1,506,172.43	\$15,394.97	\$121,419.56	\$1,642,986.95
4	2026	\$8.95	\$24.81	\$26.18	\$1,611,515.41	\$16,121.01	\$129,911.75	\$1,757,548.16
5	2027	\$9.37	\$25.98	\$27.41	\$1,724,226.16	\$16,881.30	\$138,997.89	\$1,880,105.34
6	2028	\$9.81	\$27.21	\$28.70	\$1,844,820.00	\$17,677.44	\$148,719.52	\$2,011,216.96
7	2029	\$10.27	\$28.49	\$30.06	\$1,973,848.28	\$18,511.12	\$159,121.09	\$2,151,480.49
8	2030	\$10.76	\$29.84	\$31.47	\$2,111,900.91	\$19,384.13	\$170,250.15	\$2,301,535.18
9	2031	\$11.27	\$31.24	\$32.96	\$2,259,609.05	\$20,298.31	\$182,157.59	\$2,462,064.94
10	2032	\$11.80	\$32.72	\$34.51	\$2,417,648.02	\$21,255.60	\$194,897.85	\$2,633,801.47
11	2033	\$12.35	\$34.26	\$36.14	\$2,586,740.38	\$22,258.04	\$208,529.17	\$2,817,527.58
12	2034	\$12.94	\$35.87	\$37.85	\$2,767,659.20	\$23,307.75	\$223,113.87	\$3,014,080.82
13	2035	\$13.55	\$37.57	\$39.63	\$2,961,231.63	\$24,406.97	\$238,718.65	\$3,224,357.25
14	2036	\$14.18	\$39.34	\$41.50	\$3,168,342.69	\$25,558.03	\$255,414.83	\$3,449,315.55
15	2037	\$14.85	\$41.19	\$43.46	\$3,389,939.26	\$26,763.38	\$273,278.76	\$3,689,981.40
16	2038	\$15.55	\$43.14	\$45.51	\$3,627,034.50	\$28,025.57	\$292,392.11	\$3,947,452.17
17	2039	\$16.29	\$45.17	\$47.65	\$3,880,712.37	\$29,347.28	\$312,842.27	\$4,222,901.92
18	2040	\$17.06	\$47.30	\$49.90	\$4,152,132.69	\$30,731.34	\$334,722.72	\$4,517,586.74
19	2041	\$17.86	\$49.53	\$52.25	\$4,442,536.37	\$32,180.66	\$358,133.51	\$4,832,850.54

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

20	2042	\$18.70	\$51.87	\$54.72	\$4,753,251.14	\$33,698.34	\$383,181.67	\$5,170,131.15
21	2043	\$19.58	\$54.31	\$57.30	\$5,085,697.56	\$35,287.59	\$409,981.72	\$5,530,966.87
22	2044	\$20.51	\$56.88	\$60.00	\$5,441,395.56	\$36,951.79	\$438,656.19	\$5,917,003.55
23	2045	\$21.48	\$59.56	\$62.83	\$5,821,971.39	\$38,694.48	\$469,336.18	\$6,330,002.05
24	2046	\$22.49	\$62.37	\$65.79	\$6,229,165.01	\$40,519.35	\$502,161.95	\$6,771,846.32
25	2047	\$23.55	\$65.31	\$68.90	\$6,664,838.10	\$42,430.29	\$537,283.58	\$7,244,551.98
26	2048	\$24.66	\$68.39	\$72.15	\$7,130,982.54	\$44,431.35	\$574,861.65	\$7,750,275.55
27	2049	\$25.82	\$71.61	\$75.55	\$7,629,729.51	\$46,526.79	\$615,067.97	\$8,291,324.26
28	2050	\$27.04	\$74.99	\$79.11	\$8,163,359.27	\$48,721.04	\$658,086.34	\$8,870,166.66
29	2051	\$28.32	\$78.53	\$82.84	\$8,734,311.55	\$51,018.78	\$704,113.46	\$9,489,443.79
30	2052	\$29.65	\$82.23	\$86.75	\$9,345,196.72	\$53,424.88	\$753,359.75	\$10,151,981.36

		Valor tiempo						
Velocidad de Recorrido (km/h)		Situación Sin Proyecto						
		Valor Tiempo (\$)						
Año		A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	23.73	21.39	18.99	\$772,018.32	\$37,908.30	\$136,985.05	\$946,911.68
2	2024	23.22	20.92	18.57	\$806,353.90	\$38,751.29	\$143,077.47	\$988,182.66
3	2025	22.71	20.47	18.17	\$842,216.55	\$39,613.02	\$149,440.85	\$1,031,270.43
4	2026	22.22	20.02	17.77	\$879,674.19	\$40,493.92	\$156,087.25	\$1,076,255.36
5	2027	21.73	19.59	17.39	\$918,797.77	\$41,394.40	\$163,029.24	\$1,123,221.41
6	2028	21.26	19.16	17.01	\$959,661.36	\$42,314.91	\$170,279.98	\$1,170,256.26
7	2029	20.80	18.74	16.64	\$1,002,342.38	\$43,255.89	\$177,853.19	\$1,223,451.46
8	2030	20.35	18.33	16.28	\$1,046,921.63	\$44,217.80	\$185,763.23	\$1,276,902.65
9	2031	19.90	17.94	15.92	\$1,093,483.54	\$45,201.09	\$194,025.06	\$1,332,709.70
10	2032	19.47	17.55	15.58	\$1,142,116.31	\$46,206.25	\$202,654.34	\$1,390,976.90
11	2033	19.05	17.16	15.24	\$1,192,912.01	\$47,233.77	\$211,667.40	\$1,451,813.19
12	2034	18.63	16.79	14.91	\$1,245,966.86	\$48,284.13	\$221,081.33	\$1,515,332.32
13	2035	18.23	16.43	14.58	\$1,301,381.33	\$49,357.85	\$230,913.94	\$1,581,653.12
14	2036	17.83	16.07	14.26	\$1,359,260.37	\$50,455.45	\$241,183.85	\$1,650,899.66
15	2037	17.44	15.72	13.95	\$1,419,713.57	\$51,577.45	\$251,910.52	\$1,723,201.54
16	2038	17.06	15.38	13.65	\$1,482,855.44	\$52,724.41	\$263,114.26	\$1,798,694.11
17	2039	16.69	15.04	13.35	\$1,548,805.54	\$53,896.87	\$274,816.29	\$1,877,518.70
18	2040	16.33	14.71	13.06	\$1,617,688.79	\$55,095.40	\$287,038.76	\$1,959,822.95
19	2041	15.97	14.39	12.78	\$1,689,635.61	\$56,320.59	\$299,804.83	\$2,045,761.04
20	2042	15.63	14.08	12.50	\$1,764,782.28	\$57,573.02	\$313,138.67	\$2,135,493.98
21	2043	15.29	13.78	12.23	\$1,843,271.11	\$58,853.30	\$327,065.54	\$2,229,189.95
22	2044	14.95	13.48	11.96	\$1,925,250.73	\$60,162.05	\$341,611.80	\$2,327,024.59
23	2045	14.63	13.18	11.70	\$2,010,876.40	\$61,499.91	\$356,805.01	\$2,429,181.32
24	2046	14.31	12.90	11.45	\$2,100,310.27	\$62,867.52	\$372,673.94	\$2,535,851.74
25	2047	14.00	12.62	11.20	\$2,193,721.73	\$64,265.54	\$389,248.65	\$2,647,235.91
26	2048	13.69	12.34	10.96	\$2,291,287.67	\$65,694.64	\$406,560.51	\$2,763,542.82
27	2049	13.40	12.07	10.72	\$2,393,192.86	\$67,155.53	\$424,642.32	\$2,884,990.70
28	2050	13.11	11.81	10.48	\$2,499,630.29	\$68,648.90	\$443,528.32	\$3,011,807.51
29	2051	12.82	11.55	10.26	\$2,610,801.53	\$70,175.49	\$463,254.27	\$3,144,231.29
30	2052	12.54	11.30	10.03	\$2,726,917.12	\$71,736.02	\$483,857.54	\$3,282,510.68

Fuente: Elaboración propia

e) Alternativas de solución

La selección de alternativas es parte del proceso de decisión de proyectos, normalmente es necesaria la evaluación comparativa de los costos y beneficios de las alternativas mutuamente excluyentes. Si las alternativas tienen diferencias en los beneficios y calidad de servicio, entonces se debe considerar un análisis de costo – beneficio para cada una de ellas.

Alternativa A (Aceptada)

La alternativa A consiste en la construcción de un Paso inferior Vehicular (PIV) sobre la carretera Toluca-México a base de estructuras de concreto y superficie de rodamiento con carpeta asfáltica, adicionalmente se realizarán obras accesorias consistentes en la adecuación de un carril de salida de la carretera Toluca- México y carriles laterales al PIV. El Puente contara con dos carriles de circulación, uno para cada sentido.

Ventajas:

- Menor costo de inversión.
- 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:

- Si no se da un adecuado mantenimiento en la superficie de rodamiento y estructuras, implicaría un mayor gasto en su mantenimiento anual y requeriría de nuevas inversiones a mediano plazo, lo cual representaría un sobrecosto para la sociedad. Derivado de lo anterior, se considera que esta alternativa es la técnica y económicamente menos conveniente.

Periodo de Vida útil:

La vida útil del proyecto es de 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 construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

➤ 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.⁶

⁶ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

- 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.
 - Riego de sello: se constituyen mediante la aplicación de un riego de material asfáltico intercalando una o dos capas, sucesivas del material pétreo triturado de una composición granulométrica determinada, con el objetivo de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodadura.
 - 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.
 - Limpieza de alcantarillas: Conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, 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.

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

- Limpieza de alcantarillas: Conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, 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.⁷

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

Tabla 30 Mantenimiento de alternativa A

COSTOS DE MANTENIMIENTO					
Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
DATOS					
	LONGITUD =		890.00		M
	ANCHO =		7.00		M
	ÁREA =		6230		M ²
CARPETA ASFÁLTICA					
CONSERVACIÓN RUTINARIA			ANUAL		
	CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
PUENTE	Limpieza de juntas de dilatación	M	16.00	\$85.00	\$1,360.00
PUENTE	Limpieza de parapetos y banquetas	M2	480.00	\$1.90	\$912.00
CARPETA	Limpieza de sup de rodadura y acotamientos	M2	6230.00	\$2.00	\$12,460.00
CARPETA	Bacheo superficial aislado	M3	21.81	\$6,450.00	\$140,642.25
CARPETA	Señalamiento horizontal	M	2670.00	\$17.00	\$45,390.00
TOTAL + IVA=					\$232,900.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Riego de Sello)			3 AÑOS		
	CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
PUENTE	Calafateo de fisuras	M3	6.45	\$6,850.00	\$44,182.50
PUENTE	Reparación de grietas	M3	4.30	\$3,900.00	\$16,770.00
PUENTE	Reposición de sello en juntas de dilatación	M	8.00	\$2,600.00	\$20,800.00
PUENTE	Reparación de parapetos y banquetas	M3	4.50	\$5,350.00	\$24,075.00
CARPETA	Riego de sello	M2	6230.00	\$85.00	\$529,550.00
CARPETA	Señalamiento	M	2670.00	\$17.00	\$45,390.00
TOTAL + IVA=					\$789,700.00

⁷ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

		CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Sobrecarpeta)			10 AÑOS	
CONCEPTOS		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
CARPETA	Recorte de carpeta asfáltica	M2	6230.00	\$34.80	\$216,804.00	
CARPETA	Riego de impregnación	M2	6230.00	\$28.90	\$180,047.00	
CARPETA	Carpeta asfáltica	M3	311.50	\$6,200.00	\$1,931,300.00	
CARPETA	Riego de sello	M2	6230.00	\$85.00	\$529,550.00	
PUENTE	Preposición de juntas de dilatación	M	16.00	\$13,500.00	\$216,000.00	
CARPETA	Señalamiento	M	2670.00	\$17.00	\$45,390.00	
TOTAL + IVA=					\$3,618,100.00	

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 para la Evaluación de Proyectos de Carreteras los costos por molestia se calculan de la siguiente manera: ⁸

$$\text{Costos por Molestias} = \text{CGV}_C - \text{CGV}_0$$

Dónde:

CGV_C es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

CGV₀ 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 31. Costos por molestia

LONGITUD TOTAL	Tiempo de Ejecución	Monto por molestias Mensual	Monto por molestias Total
890 metros	5 meses	\$581,557.49	\$2,907,787.47

Fuente: Elaboración propia

3. CAE

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

⁸Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met_Carreteras_Parte2.pdf

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Tabla 32 Costo Anual Equivalente de las Alternativa A

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias						
Inversión c/ IVA	\$83,335,000.00		Tasa de descuento	10%		
			Años de vida útil	30.00		
AÑO	Alternativa A - Aceptada					
	COSTOS TOTALES DEL AÑO (SIN IVA)					
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	Molestias	TOTAL	VPC	CAE
0	\$71,840,517.24		\$2,907,787.47	\$74,748,304.71	\$74,748,304.71	
1		\$200,775.86		\$200,775.86	\$182,523.51	
2		\$200,775.86		\$200,775.86	\$165,930.46	
3		\$680,775.86		\$680,775.86	\$511,476.98	
4		\$200,775.86		\$200,775.86	\$137,132.62	
5		\$200,775.86		\$200,775.86	\$124,666.01	
6		\$680,775.86		\$680,775.86	\$384,280.23	
7		\$200,775.86		\$200,775.86	\$103,029.76	
8		\$200,775.86		\$200,775.86	\$93,663.42	
9		\$680,775.86		\$680,775.86	\$288,715.42	
10		\$3,119,051.72		\$3,119,051.72	\$1,202,529.46	
11		\$200,775.86		\$200,775.86	\$70,370.71	
12		\$680,775.86		\$680,775.86	\$216,916.17	
13		\$200,775.86		\$200,775.86	\$58,157.62	
14		\$200,775.86		\$200,775.86	\$52,870.56	
15		\$680,775.86		\$680,775.86	\$162,972.33	
16		\$200,775.86		\$200,775.86	\$43,694.68	
17		\$200,775.86		\$200,775.86	\$39,722.43	
18		\$680,775.86		\$680,775.86	\$122,443.52	
19		\$200,775.86		\$200,775.86	\$32,828.46	
20		\$3,119,051.72		\$3,119,051.72	\$463,627.16	
21		\$680,775.86		\$680,775.86	\$91,993.63	
22		\$200,775.86		\$200,775.86	\$24,664.51	
23		\$200,775.86		\$200,775.86	\$22,422.28	
24		\$680,775.86		\$680,775.86	\$69,116.18	
25		\$200,775.86		\$200,775.86	\$18,530.81	
26		\$200,775.86		\$200,775.86	\$16,846.19	
27		\$680,775.86		\$680,775.86	\$51,928.01	
28		\$200,775.86		\$200,775.86	\$13,922.47	
29		\$200,775.86		\$200,775.86	\$12,656.79	
30		\$200,775.86		\$200,775.86	\$11,506.17	
				\$90,928,132.30	\$79,539,443.27	\$8,437,484.35

Fuente: Elaboración propia

Alternativa B (Descartada)

Se considera como alternativa de solución la construcción un distribuidor vial que conecte la prolongación de las torres con la calle Morelos en dirección Norte y que a su vez conecte con un puente que cruce en dirección Sur – Norte con el fin de contar con movimientos vehiculares continuos mediante estructuras de concreto pretensado con un costo aproximado \$95,980,000.00 con IVA.

Ventajas

- 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.
- Los vehículos que transitan sobre la prolongación Las Torres podrán dirigirse directamente hacia el Norte.

Desventajas

- Mayor monto de inversión
- Si no se da un adecuado mantenimiento en la superficie de rodamiento y estructuras, implicaría un mayor gasto en su mantenimiento anual y requeriría de nuevas inversiones a mediano plazo, lo cual representaría un sobre costo para la sociedad. Derivado de lo anterior, se considera que esta alternativa es la técnica y económicamente menos conveniente.

Periodo de Vida útil:

La vida útil del proyecto es de 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 construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

➤ 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.⁹

- 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.

⁹ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

- 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.
- Riego de sello: se constituyen mediante la aplicación de un riego de material asfáltico intercalando una o dos capas, sucesivas del material pétreo triturado de una composición granulométrica determinada, con el objetivo de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.
- 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.
- Limpieza de alcantarillas: Conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, 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.
- Limpieza de alcantarillas: Conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, 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.

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

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.¹⁰

Tabla 33 Mantenimiento de alternativa B

COSTOS DE MANTENIMIENTO- ALTERNATIVA b					
DATOS					
	LONGITUD =		990.00		M
	ANCHO =		7.00		M
	ÁREA =		6930		M ²
CONSERVACIÓN RUTINARIA ANUAL					
	CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
PUENTE	Limpieza de juntas de dilatación	M	16.00	\$85.00	\$1,360.00
PUENTE	Limpieza de parapetos y banquetas	M2	480.00	\$1.90	\$912.00
CARPETA	Limpieza de sup de rodadura y acotamientos	M2	6930.00	\$2.00	\$13,860.00
CARPETA	Bacheo superficial aislado	M3	24.26	\$6,450.00	\$156,444.75
CARPETA	Señalamiento horizontal	M	2970.00	\$17.00	\$50,490.00
TOTAL + IVA=					\$258,800.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Riego de Sello) 3 AÑOS					
	CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
PUENTE	Calafateo de fisuras	M3	6.45	\$6,850.00	\$44,182.50
PUENTE	Reparación de grietas	M3	4.30	\$3,900.00	\$16,770.00
PUENTE	Reposición de sello en juntas de dilatación	M	8.00	\$2,600.00	\$20,800.00
PUENTE	Reparación de parapetos y banquetas	M3	4.50	\$5,350.00	\$24,075.00
CARPETA	Riego de sello	M2	6930.00	\$85.00	\$589,050.00
CARPETA	Señalamiento	M	2970.00	\$17.00	\$50,490.00
TOTAL + IVA=					\$864,600.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Sobrecarpeta) 10 AÑOS					
	CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CARPETA	Recorte de carpeta asfáltica	M2	6930.00	\$34.80	\$241,164.00
CARPETA	Riego de impregnación	M2	6930.00	\$28.90	\$200,277.00
CARPETA	Carpeta asfáltica	M3	346.50	\$6,200.00	\$2,148,300.00
CARPETA	Riego de sello	M2	6930.00	\$85.00	\$589,050.00
PUENTE	Preposición de juntas de dilatación	M	16.00	\$13,500.00	\$216,000.00
CARPETA	Señalamiento	M	2970.00	\$17.00	\$50,490.00
TOTAL + IVA=					\$3,996,500.00

Fuente: SCT/ Costos Paramétricos SHCP.

¹⁰ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

2. Molestias

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 7 meses, por lo tanto, los costos por molestia de la Alternativa B son:

Tabla 34. Costos por molestia

LONGITUD TOTAL	Tiempo de Ejecución	Monto por molestias Mensual	Monto por molestias Total
990 metros	7 meses	\$581,557.49	\$4,070,902.46

Fuente: Elaboración propia

3. CAE

Tabla 35 Costo Anual Equivalente de las Alternativa B

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias						
Inversión c/ IVA	\$95,980,000.00			Años de vida útil	30	
Alternativa B - Descartada						
AÑO	COSTOS TOTALES DEL AÑO (SIN IVA)					
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	Molestias	TOTAL	VPC	CAE
0	\$82,741,379.31		\$4,070,902.46	\$86,812,281.77	\$86,812,281.77	
1		\$200,775.86		\$200,775.86	\$182,523.51	
2		\$200,775.86		\$200,775.86	\$165,930.46	
3		\$745,344.83		\$745,344.83	\$559,988.60	
4		\$200,775.86		\$200,775.86	\$137,132.62	
5		\$200,775.86		\$200,775.86	\$124,666.01	
6		\$745,344.83		\$745,344.83	\$420,727.72	
7		\$200,775.86		\$200,775.86	\$103,029.76	
8		\$200,775.86		\$200,775.86	\$93,663.42	
9		\$745,344.83		\$745,344.83	\$316,098.97	
10		\$3,445,258.62		\$3,445,258.62	\$1,328,296.34	
11		\$200,775.86		\$200,775.86	\$70,370.71	
12		\$745,344.83		\$745,344.83	\$237,489.83	
13		\$200,775.86		\$200,775.86	\$58,157.62	
14		\$200,775.86		\$200,775.86	\$52,870.56	
15		\$745,344.83		\$745,344.83	\$178,429.63	
16		\$200,775.86		\$200,775.86	\$43,694.68	
17		\$200,775.86		\$200,775.86	\$39,722.43	
18		\$745,344.83		\$745,344.83	\$134,056.82	
19		\$200,775.86		\$200,775.86	\$32,828.46	
20		\$3,445,258.62		\$3,445,258.62	\$512,115.74	
21		\$745,344.83		\$745,344.83	\$100,718.87	
22		\$200,775.86		\$200,775.86	\$24,664.51	
23		\$200,775.86		\$200,775.86	\$22,422.28	
24		\$745,344.83		\$745,344.83	\$75,671.58	
25		\$200,775.86		\$200,775.86	\$18,530.81	
26		\$200,775.86		\$200,775.86	\$16,846.19	
27		\$745,344.83		\$745,344.83	\$56,853.18	
28		\$200,775.86		\$200,775.86	\$13,922.47	
29		\$200,775.86		\$200,775.86	\$12,656.79	
30		\$200,775.86		\$200,775.86	\$11,506.17	
				\$104,225,643.84	\$91,957,868.52	\$9,754,821.56

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

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

Tabla 36 Costo Anual Equivalente de las Alternativas (CAE)

Indicador	Valor
Costo Anual Equivalente (CAE) de la alternativa A: PIV	\$8,437,484.35
Costo Anual Equivalente (CAE) de la alternativa B: PIV	\$9,754,821.56

Fuente: Elaboración propia

El análisis de alternativas concluye que con base a un análisis costo anual equivalente se descarta la “Alternativa B” que emplea un distribuidor vial con un CAE \$9,754,821.56 ya que registra un CAE mayor a la alternativa que emplea un PIV (CAE \$8,437,484.35).

IV. Situación con el Proyecto o Programa de Inversión

a) Descripción general

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

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 “*Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.*”, se considera dentro del programa de infraestructura económica ya que su monto es mayor a 50 millones de pesos y menor a 500 millones de pesos. Por lo que el estudio es a nivel Simplificado (Perfil).

Objetivo del proyecto

El Objetivo del proyecto de inversión es construir un puente inferior vehicular el cual permita aliviar la ineficiencia de operación vial registrada en “Situación Actual” bajo la carretera Toluca- México lo cual provoca congestión en dicho punto.

La finalidad de este proyecto consiste en incrementar la eficiencia operativa, reducir los costos generalizados de viaje y, por ende, los niveles de contaminación ambiental por emisión de partículas de la combustión, así como de polvos, disminuir los tiempos de traslado de la población y mejorar la seguridad operativa al cual permita evitar accidentes viales.

El proyecto contempla mejorar la comunicación intraurbana e interurbana en la zona metropolitana del valle de Toluca, que permitan la integración del crecimiento urbano, industrial y demográfico futuro, así como el desarrollo económico y social del municipio. Permitiendo así, cumplir con los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2019 -2021, Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2017-2023.

El Paso Inferior Vehicular formará parte de la red vial municipal y regional de la zona, teniendo trabajos consistentes en terracerías, estructuras y pavimentos, cuyos beneficios son:

- Hacer más fluido el tránsito vehicular.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Reducción de los costos totales de operación de los vehículos que transitan la zona.
- Reducción de la pérdida de horas hombre.
- Reducción de la contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.
- Mejorar los niveles de servicio

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

El proyecto del **“Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.”** se localiza en los límites territoriales de los municipios de Lerma y Ocoyoacac, en el Estado de México, desarrollándose básicamente sobre la carretera Toluca- México, mejorando los niveles de servicio de estas vías involucradas considerando a Lerma y Ocoyoacac como parte integral de la movilidad dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con el fin de movilizar personas, servicios y bienes entre los municipios de Lerma, Ocoyoacac y municipios aledaños, convirtiendo a esta arteria como una vía principal que mantenga un flujo continuo en este cruce, terminando así con la problemática de congestión de la zona de influencia y genere un impacto metropolitano (ZMVT).

Ilustración 9 Área de influencia del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

El proyecto consiste en la construcción de un PIV de dos carriles de circulación, uno por sentido, la adecuación de los ejes viales (lateral izquierdo y lateral derecho), adecuación de carriles de salida de la carretera Toluca- México para la correcta incorporación de los vehículos con el PIV, de igual forma se colocará señalamiento, alumbrado público y obras de drenaje.

b) Alineación estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

Objetivo 3.6: Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional.

Estrategias:

3.6.1 Contar con una red carretera segura y eficiente que conecte centros de población, puertos, aeropuertos, centros logísticos y de intercambio modal, conservando su valor patrimonial.

3.6.2 Mejorar el acceso a localidades con altos niveles de marginación.

3.6.3 Desarrollar una infraestructura de transporte accesible, con enfoque multimodal (ferroviario, aeroportuario, transporte marítimo, transporte masivo), sostenible, a costos competitivos y accesibles que amplíe la cobertura del transporte nacional y regional.

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

Plan de Desarrollo Municipal de Lerma 2021-2024.

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

Estrategia: Incrementar la infraestructura vial del municipio

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Líneas de acción:

- Diseñar el plan de obra pública para pavimentar vialidades y calles.
- Realizar pavimentación de calles y vialidades

Plan de Desarrollo Municipal de Ocoyoacac 2021-2024

Objetivo: Optimizar la accesibilidad a las localidades rurales y la movilidad en los centros de población.

Estrategia: Aumentar las gestiones con el gobierno federal y estatal, para contar con recursos financieros que permitan la construcción de los proyectos de infraestructura vial requerida para el municipio.

Líneas de acción:

- Identificar las zonas territoriales con mayores déficits en materia de infraestructura vial para priorizar las acciones en materia de cobertura
- Gestionar recursos del programa federal de construcción de caminos rurales para aplicase en el municipio.

c) Localización geográfica

El proyecto se ubica en la zona metropolitana del Valle de Toluca, de manera particular en los límites territoriales de los municipios de Lerma y Ocoyoacac, los cuales se encuentran ubicados dentro de la región VII Lerma.

Ilustración 10 División Regional del Estado de México 2017-2023



Fuente: http://copladem.edomex.gob.mx/regiones_y_municipios

El proyecto del “**Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.**” se localiza en los límites municipales del Lerma y Ocoyoacac, en el Estado de México, desarrollándose básicamente sobre la carretera Toluca- México, mejorando los niveles de servicio para el cruce hacia la localidad de El Llanito y

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

el municipio de Lerma y las plazas Outlet considerando Lerma y Ocoyoacac como parte integral de la movilidad en la zona Metropolitana del Valle de Toluca con el fin de movilizar personas, servicios y bienes entre los municipios de Lerma, Ocoyoacac y los municipios aledaños, convirtiendo a esta arteria como una vía principal que mantenga un flujo continuo en este cruce, terminando así con la problemática de congestión de la zona de influencia y genere un impacto metropolitano (ZMVT).

Las localidades beneficiadas con la construcción del PIV sobre la carretera Toluca- México se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 37 Localidades Beneficiadas con el proyecto

Municipio	Localidad	Población (2020)
Lerma	San Pedro Tultepec	15,052
	Lerma de Villada	33,166
	Amomolulco	1,122
Ocoyoacac	San Antonio el Llanito	1,310
Total		50,650

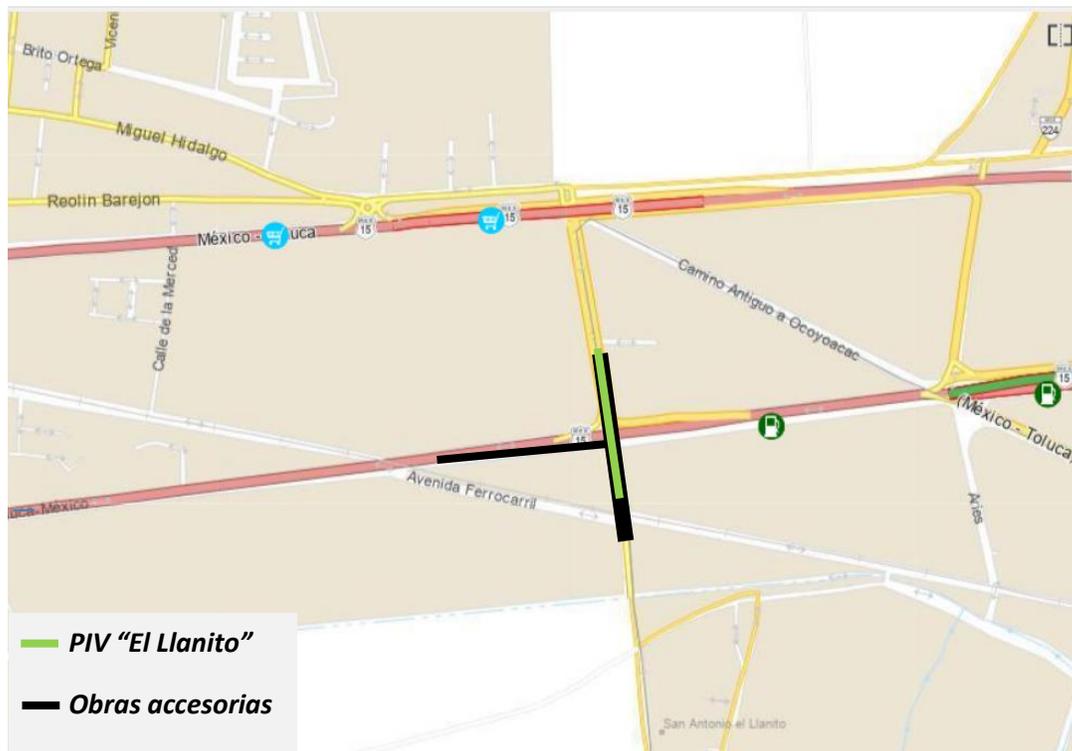
Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020

Tabla 38 Coordenadas geográficas

PIV “El Llanito”		
Localización	Latitud	Longitud
Inicio	19.282446°	-99.497272°
Fin	19.279490°	-99.496732°

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11 Localización Geográfica PIV



Fuente: Elaboración propia con Google

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

d) Calendario de actividades

CONCEPTO	IMPORTE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias						
Terracerías	\$9,218,300.18	\$5,530,980.11	\$2,765,490.05	\$921,830.02		
Estructuras	\$28,103,280.25	\$2,810,328.02	\$11,241,312.10	\$11,241,312.10	\$2,810,328.02	
Drenaje y subdrenaje	\$4,200,580.93	\$1,680,232.37		\$840,116.19	\$1,680,232.37	
Pavimentos	\$9,856,800.36			\$3,942,720.14	\$3,942,720.14	\$1,971,360.07
Señalamiento y dispositivos de Seguridad	\$5,669,343.41	\$283,467.17			\$850,401.51	\$4,535,474.73
Alumbrado publico	\$5,220,000.00				\$522,000.00	\$4,698,000.00
Obras inducidas	\$16,642,257.06	\$3,328,451.41	\$1,664,225.71	\$1,664,225.71	\$4,992,677.12	\$4,992,677.12
Perforación Dirigida	\$4,169,237.80		\$2,084,618.90	\$2,084,618.90		
Cámaras de Vigilancia	\$255,200.00					\$255,200.00
TOTAL, MENSUAL	\$83,335,000.00	\$13,633,459.09	\$17,755,646.76	\$20,694,823.05	\$14,798,359.17	\$16,452,711.92
TOTAL, ACUMULADO	\$83,335,000.00	\$13,633,459.09	\$31,389,105.85	\$52,083,928.90	\$66,882,288.08	\$83,335,000.00
Avance financiero						
PORCENTAJE MENSUAL		16%	21%	25%	18%	20%
PORCENTAJE ACUMULADO		16%	38%	62%	80%	100%
Avance físico						
PORCENTAJE MENSUAL		16%	21%	25%	18%	20%
PORCENTAJE ACUMULADO		16%	38%	62%	80%	100%

Fuente: Elaboración propia

*El monto incluye IVA

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

e) Monto total de inversión

Tabla 39 Componentes del proyecto

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Terracerías	Despalme	m ³	1,263.15	\$104.40	\$131,872.86
	Cortes	m ³	1,810.80	\$150.80	\$273,068.64
	Excavación para estructuras	m ³	5.40	\$243.60	\$1,315.44
	Recompactación al 100% AASTHO, estándar del terreno natural en la superficie descubierta	m ³	1,207.20	\$40.60	\$49,012.32
	Formación de terraplenes compactados al 95% de su PVSM AASHTO Estándar	m ³	15,090.00	\$278.40	\$4,201,056.00
	Formación de capa subrasante compactada al 100% de su PVSM AASHTO Estándar	m ³	1,822.80	\$325.72	\$593,715.84
	Relleno de las excavaciones con materiales producto de las mismas compactada al 95% AASTHO, estándar.	m ³	15.00	\$314.59	\$4,718.88
	Relleno de excavaciones, compactado al 90% AASTHO, estándar	m ³	45.00	\$713.40	\$32,103.00
	Excavación para estructuras en muros mecánicamente estabilizados	m ³	280.00	\$243.60	\$68,208.00
	Perforación para pilas de 1.20 m de diámetro	m	285.00	\$1,566.00	\$446,310.00
	Relleno para la conformación de muros mecánicamente estabilizados	m ³	1,889.00	\$672.80	\$1,270,919.20
	Formación de Pedraplenes con fragmentos de roca y grava con tamaños de 1 a 8" para las zonas inestables	m ³	3,700.00	\$580.00	\$2,146,000.00
Estructuras	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ²	m ³	10.00	\$2,378.00	\$23,780.00
	Acero para concreto hidráulico de f'y = 4,200 kg/cm ² en losas de obras de drenaje	kg	910.00	\$26.68	\$24,278.80
	Estructuras de acero: Perfil tubular rectangular (PTR) de 7 x 7 cm	kg	387.46	\$92.80	\$35,956.66
	Estructuras de acero: Colocación de malla ondulada (otis) para puente peatonal	kg	673.99	\$46.40	\$31,273.23
	Estructuras de acero: Lamina losacero calibre 22	kg	521.86	\$92.80	\$48,428.24
	Estructuras de acero: Malla electro soldada de refuerzo No. 6x6-10/10	kg	65.23	\$92.80	\$6,053.53
	Guarniciones de concreto hidráulico	m	2,400.00	\$301.60	\$723,840.00
	Banquetas de concreto hidráulico	m ²	1,910.00	\$294.31	\$562,136.00
	Recubrimiento con pintura	m ²	615.00	\$174.00	\$107,010.00
	Demoliciones y desmantelamientos: Para el material de mampostería	m ³	1.00	\$295.80	\$295.80
	Demoliciones y desmantelamientos: Para el material de concreto hidráulico simple	m ³	84.60	\$295.80	\$25,024.68
	Demoliciones y desmantelamientos: Para el material de concreto hidráulico reforzado	m ³	15.00	\$487.20	\$7,308.00
	Demoliciones y desmantelamientos: Para muro de tabique/tabicón	m ³	40.00	\$220.40	\$8,816.00

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Estructuras	Demoliciones y desmantelamientos: De cerca de 2 m de alto a base de malla triaxial	m	200.00	\$174.00	\$34,800.00
	Concreto hidráulico de f'c = 100 kg/cm ² en plantillas para estructuras	m ³	13.70	\$2,146.00	\$29,400.20
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² para guarnición en accesos	m ³	133.22	\$2,022.33	\$269,414.64
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² para Losas	m ³	174.90	\$4,465.74	\$781,058.74
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² para Pilastras	m ³	51.00	\$4,477.60	\$228,357.60
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² para remate de parapeto	m ³	5.64	\$4,232.77	\$23,872.80
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² para guarnición sobre puente	m ³	140.46	\$4,212.62	\$591,704.40
	Concreto hidráulico de f'c = 350 kg/cm ² para cabezales y bancos	m ³	119.00	\$5,568.00	\$662,592.00
	Concreto hidráulico de f'c = 350 kg/cm ² para pilas y columnas	m ³	700.00	\$5,568.00	\$3,897,600.00
	Acero para concreto hidráulico: Varillas de f'y = 4,200 kg/cm ² para Losas	kg.	21,091.00	\$38.28	\$807,363.48
	Acero para concreto hidráulico: Varillas de f'y = 4,200 kg/cm ² para pilas	kg.	125,437.00	\$25.86	\$3,243,732.36
	Acero para concreto hidráulico: Varillas de f'y = 4,200 kg/cm ² para cabezales	kg.	12,850.00	\$38.28	\$491,898.00
	Acero para concreto hidráulico: Varillas de f'y = 4,200 kg/cm ² para remate de parapeto	kg.	742.27	\$38.95	\$28,913.21
	Acero para concreto hidráulico: Varillas de f'y = 4,200 kg/cm ² para guarnición sobre puente	kg.	18,501.87	\$38.95	\$720,651.83
	Acero para concreto hidráulico: Varillas de f'y = 4,200 kg/cm ² para guarnición en accesos	kg.	19,756.00	\$38.86	\$767,718.16
	Estructuras de concreto presforzado: Trabe sección cajón, con peralte= 1.35 m., ancho sup= 1.6 m. y longitud total prom = 27.2 m., concreto de f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	20.00	\$556,800.00	\$11,136,000.00
	Acero Estructural A-36, fy = 2530 kg/cm ² en pilastras	kg.	3,780.00	\$109.04	\$412,171.20
	Suministro y colocación de pernos de 2.5 cm de diámetro con tuerca	pza.	432.00	\$109.04	\$47,105.28
	Suministro y colocación de Tubo de Acero Galvanizado de 8.9 cm de diámetro nominal	kg.	3,197.00	\$109.04	\$348,600.88
	Suministro y colocación de Tubo de Acero Galvanizado de 7.6 cm de diámetro nominal	kg.	184.00	\$109.04	\$20,063.36
1 placa de 50 x 50 cm. y 4.1 cm. de espesor, de neopreno puro, (especificación ASTM D 2240 dureza shore 60), con tres placas en el interior de 40 x 40 cm. y 0.32 cm. de espesor, de acero estructural, con una separación entre ellas de	dm ³	400.00	\$109.04	\$43,616.00	

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Estructuras	1.3 cm., y recubrimientos superior e inferior de 0.3 cm.				
	Suministro y colocación de junta de dilatación	m	16.00	\$109.04	\$1,744.64
	Suministro Y Colocación De Diafragmas Intermedios A Base De Tubo De Acero Estructural A-36 De 4" Y Tubo De Acero Estructural De 6"	pza.	60.00	\$11,482.77	\$688,966.22
	Suministro Y Colocación De Tubo Negro Ced 30 De 3" (76.2Mm) En Parapeto	kg	3,200.00	\$290.00	\$928,000.00
	Descabece De Pilotes De Concreto Reforzado	m ³	55.00	\$2,585.37	\$142,195.53
	Suministro Y Colocación De Placa De Poliestireno De 1.22 X 2.44 X 0.03 M.	m ²	200.00	\$377.29	\$75,458.00
	Suministro Y Colocación De Junta De Calzada Tipo Woods-100 Con Elastomero	m	16.00	\$4,755.05	\$76,080.78
Drenaje y subdrenaje	Suministro y colocación de tubería flexible de polietileno de alta densidad, con acabados De 45 cm. de diámetro.	m	800.00	\$2,871.00	\$2,296,800.00
	Cuneta de concreto hidráulico	m	250.00	\$336.40	\$84,100.00
	Lavaderos de concreto hidráulico	m	60.00	\$303.70	\$18,221.98
	Bordillos de concreto hidráulico	m	300.00	\$244.03	\$73,208.76
	Construcción de registro para coladera de banquetta de 40 cm. x 40 cm	pza.	15.00	\$5,220.00	\$78,300.00
	Extracción De Aguas A Zonas Externas, Para Abatimiento De Nivel Freático.	hr	380.00	\$192.41	\$73,115.50
	Suministro Y Colocación De Tubo Pead Para Drenaje De Aguas Pluviales de 90 Cm. De Diámetro.	m	120.00	\$348.00	\$41,760.00
	Registro Pluvial De Concreto Armado De 1.7 X 1.7 M Y 1.6 M De Profundidad,	pza.	2.00	\$17,452.42	\$34,904.84
	Registro Pluvial De Concreto Armado De 3.0 X 1.75 M Y 1.85 M De Profundidad	pza.	1.00	\$26,933.84	\$26,933.84
	Registro Pluvial De Concreto Armado De 2.1 X 0.98 M Y 2.00 M De Profundidad	pza.	1.00	\$17,904.23	\$17,904.23
	Boca De Tormenta Pluvial De 1.5 X 0.9 M Y 1.2 M De Profundidad	pza.	6.00	\$179,800.00	\$1,078,800.00
	Canal De Captación De Agua Pluvial A Base De Muro De Concreto Simple de 1.0 X 1.7 M De Altura,	m	100.00	\$2,157.77	\$215,777.40
	Reposición De Línea De Agua Potable A Base De Tubo De PVC Hidráulico De 2"	m	100.00	\$355.18	\$35,518.04
	Retiro De Material Producto Del Desazolve Con Camión Fuera De Obra A Km Subsecuentes A Lugar De Confinamiento	m ³	280.00	\$376.71	\$105,478.80
Reposición De Losa De Concreto Armado De 8.00X1.50 Con 15 Cm De Espesor Sobre Canal, En Zona De Plazas Outlet	pza.	1.00	\$19,757.55	\$19,757.55	
Limpeza general del pavimento	ha	1.45	\$20,360.32	\$29,522.46	
Recorte de pavimentos	m ³	1,027.59	\$406.00	\$417,201.54	

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Pavimentos	Base hidráulica, compactada al 100% AASTHO modificada con producto procedente de banco.	m ³	1,217.20	\$441.53	\$537,433.34
	Riegos de impregnación: Emulsión asfáltica tipo ECI-60	m ²	11,386.00	\$33.48	\$381,200.36
Pavimentos	Riegos de impregnación: Arena para cubrir el riego de impregnación	m ³	68.32	\$477.46	\$32,619.84
	Tendido y compactación de carpeta asfáltica de granulometría densa	m ³	1,143.32	\$5,618.90	\$6,424,205.28
	Carpeta De Concreto Hidráulico, Mr-42	m ²	1,300.00	\$1,421.39	\$1,847,812.72
	Balasto Para Tendido De Vías Férrreas	m ³	50.00	\$1,033.84	\$51,691.92
	Suministro De Tezontle Bajo Puente	m ³	112.00	\$1,206.37	\$135,112.90
Señalamiento y Dispositivos de Seguridad	Raya continua - discontinua separadora de sentido de circulación	m	300.00	\$19.17	\$5,752.44
	Raya separadora de carriles, discontinua.	m	1,080.00	\$19.17	\$20,708.78
	Raya en la orilla derecha del arroyo vial continua.	m	4,280.00	\$19.17	\$82,068.14
	Raya en la orilla izquierda del arroyo vial continua.	m	1,080.00	\$19.17	\$20,708.78
	Raya guía en la zona de transición de 15 cm de ancho, en color blanco reflejante	m	600.00	\$19.17	\$11,504.88
	Rayas de alto de 40 cm de ancho	m	42.00	\$111.95	\$4,701.72
	Rayas para cruce de peatones en vías primarias.	pza.	112.00	\$101.98	\$11,421.92
	Marcas para cruce de ferrocarril, en color blanco reflejante.	pza.	4.00	\$1,726.46	\$6,905.83
	Flechas, letras y números para regular el uso de carriles	pza.	72.00	\$370.34	\$26,664.60
	Marcas para delinear guarniciones.	m	2,400.00	\$34.34	\$82,420.32
	Marcas en estructuras: Marcas de 30 cm de ancho, en color blanco reflejante, en pilas de puentes	m	28.00	\$40.67	\$1,138.75
	Marcas en estructuras: Marcas de 30 cm de ancho, en color negro, en pilas de puentes	m	28.00	\$40.67	\$1,138.75
	Botón retro reflejantes de 10 x 10 cm color blanco al centro del espacio entre segmentos marcados	pza.	36.00	\$102.49	\$3,689.50
	Botón retro reflejantes de 10 x 10 cm color blanco a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, sobre la raya o en tres bolillo a partir del inicio de la zona marcada	pza.	428.00	\$102.49	\$43,864.01
	Botón retro reflejantes de 10 x 10 cm color blanco cada 30 m sobre la raya en carreteras con faja separadora central	pza.	36.00	\$102.49	\$3,689.50
	Botón retro reflejantes de 10 x 10 cm color amarillo cada 30 m sobre la raya en carreteras y vialidades urbanas con faja separadora central	pza.	36.00	\$102.49	\$3,689.50
	Señales preventivas de 86 x 86 cm en acabado reflejante	pza.	18.00	\$4,774.84	\$85,947.07

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Señalamiento y Dispositivos de Seguridad	Señales restrictivas de 86 x 86 cm en acabado reflejante	pza.	18.00	\$4,267.11	\$76,808.05
	Señales informativas de destino de 40 x 178 cm en acabado reflejante	pza.	18.00	\$6,056.11	\$109,009.99
	Bandera doble de 488X183 cm	pza.	4.00	\$47,959.96	\$191,839.83
	Defensas metálicas: Vigas acanaladas de 3 crestas, con un ancho de 510 mm (una vez moldeada) con separadores y postes	m	399.40	\$3,712.00	\$1,482,572.80
	Cartelera panorámica de 3 x 5 metros.	pza.	2.00	\$45,672.76	\$91,345.52
	Anuncio espectacular metálico informativos de obra de 3.0 x 5.0 m	pza.	1.00	\$39,070.45	\$39,070.45
	Semáforo para indicar la aproximación de equipo ferroviario	pza.	3.00	\$1,024,666.67	\$3,074,000.00
	Suministro De Señalamiento Vertical, Horizontal, Durante Periodo De Obra	lote	1.00	\$188,682.29	\$188,682.29
Alumbrado publico	Suministro y colocación de luminaria solar marca DIANMING modelo AIO2 de 40 watts d	pza.	100.00	\$52,200.00	\$5,220,000.00
Obras Inducidas	Tala, desenraice y retiro de árboles, de Ø=45 a 60 cm.	pza.	15.00	\$1,711.00	\$25,665.00
	Renta Mensual De Puente Peatonal A Base De Andamio Tipo Tubular De 6.00 Mts. Longitud De 2.13 X 25.00 Mts, Con Escalera De Peldaños Y Descansos	rta/me	15.00	\$446,600.00	\$6,699,000.00
	Montaje De Puente Peatonal A Base De Andamio Tipo Tubular De 6.00 Mts. Longitud De 2.13 X 25.00 Mts, Con Escalera De Peldaños Y Descansos	lote	1.00	\$132,455.05	\$132,455.05
	Desmontaje De Puente Peatonal A Base De Andamio Tipo Tubular De 6.00 Mts. Longitud De 2.13 X 25.00 Mts, Con Escalera De Peldaños Y Descansos	lote	1.00	\$115,898.16	\$115,898.16
	Cimbra Para Muro De Contención Metálica A Dos Caras Con Escarpio De 0.80 X2.40	m2	1,782.48	\$516.20	\$920,116.18
	Cimbra Metálica De 1.80 X 3.00 Mts Para Columnas En Apoyo 3 Y 4	pza.	4.00	\$36,889.71	\$147,558.82
	Cimbra Metálica Para Cabezales	pza.	6.00	\$19,495.33	\$116,971.99
	Excavación Por Medios Manuales De Cepas De 0.45X0.45X1.2 Metros De Profundidad En Terreno Tipo II, Para Colocación De Postes.	pza.	5.00	\$710.92	\$3,554.59
	Suministro Y Colocación De Poste De Concreto De 13 M De Altura.	pza.	3.00	\$14,074.28	\$42,222.84
	Suministro Y Colocación De Poste De Concreto De 9 M De Altura.	pza.	2.00	\$7,638.00	\$15,275.99
	Suministro Y Colocación De Registro Prefabricado De Concreto Rmtb-3 Norma CFE	pza.	3.00	\$13,704.97	\$41,114.91
	Construcción De Banco De Ductos 6 Vías Con Tubo Pad De 13.7 Rd De 4" Y Dos Tubos De 2" De Diámetro.	m	123.00	\$1,926.42	\$236,950.10

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Obras Inducidas	Suministro E Instalación De Transición Aérea-Subterránea Con Cuchillas De Operación En Grupo.	pza.	3.00	\$159,209.76	\$477,629.27
	Vestido De Pozo De Visita Con Correderas, Ménsulas, Gomas De Neopreno, Tornillos Expansivos, Cinchos De Plástico, Varilla A Tierra Y Carga Cadwewld.	pza.	1.00	\$3,918.99	\$3,918.99
	Vestido De Registro Con Correderas, Ménsulas, Gomas De Neopreno, Tornillos Expansivos, Cinchos De Plástico, Varilla A Tierra Y Carga Cadwewld.	pza.	3.00	\$3,063.80	\$9,191.41
	Suministro Y Colocación De Pozo De Visita Para Media Tensión De Concreto Hidráulico Para Banqueta Fabricado Según Norma Cfe Pvmtbx.	pza.	1.00	\$36,724.36	\$36,724.36
	Renivelación De Pozo De Visita De Media Tensión.	pza.	1.00	\$11,544.24	\$11,544.24
	Suministro E Instalación De Cable De Potencia 500 Kcm Y Cable De Cu Semiduro 1/0.	m	380.00	\$2,537.22	\$964,144.21
	Reposición De Cable De Potencia Xlp 500 Kcm En Aluminio Al 100% (Tres Líneas) Y Suministro De Cable De Cu Semiduro 1/0	m	437.00	\$901.02	\$393,745.04
	Suministro, Vestido E Instalación De Estructura De Media Tensión.	pza.	9.00	\$12,529.44	\$112,764.95
	Suministro, Vestido E Instalación De Retenida Para Media Tensión.	pza.	6.00	\$3,286.16	\$19,716.98
	Suministro, Tendido Y Tensionado De Cable 336.4 S.A. (Tres Líneas)	m	691.00	\$787.52	\$544,179.08
	Desmantelamiento De Línea De Media Tensión	lote	8.00	\$921.14	\$7,369.16
	Suministro E Instalación De Caja Derivadora 3 Vías 600/200/600 A.	pza.	1.00	\$147,328.56	\$147,328.56
	Desvestido De Estructura De Media Tensión	pza.	10.00	\$1,074.67	\$10,746.70
	Retiro De Transición Aerea-Subterránea E Inventario Para Entrega a CFE	pza.	3.00	\$2,559.85	\$7,679.56
	Demolición De Pozo De Visita De Media Tensión	pza.	2.00	\$3,845.46	\$7,690.92
	Suministro Y Parado De Torre Metálica Doble	pza.	2.00	\$0.00	\$0.00
	Trabajos De Desmantelamiento De Vía Existente, Calibre 115 Lbs/Yda Con Juntas Emplanchueladas	m-vía	40.00	\$8,700.00	\$348,000.00
	Recobro Y Clasificación De Los Materiales Por Su Clase 2Da Y 4Ta, Rieles De 115 Lbs/Yda, Juntas Emplanchueladas De 24" Con Tornillos De 1" X 6" Durmiente De Madera De Encino De 8.6 Ft Placa Doble Hombro, Ancla De Golpe Y Clavo De Vía	m-vía	40.00	\$3,480.00	\$139,200.00
Carga Y Traslado De Materiales Hasta El Patio Toluca: Rieles De 115 Lbs/Yda, Juntas Emplanchueladas De 24" Con Tornillos De 1"X6".	m-vía	40.00	\$4,640.00	\$185,600.00	

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Obras Inducidas	Durmiente De Madera De Encino De 8.6 Ft, Placa Doble Hombro, Ancla Golpe Y Clavo De Vía				
	Retiro De Balasto Contaminado En El Tramo Rehabilitado	m-vía	40.00	\$1,160.00	\$46,400.00
	Mejoramiento Del Terreno Natural Para Desplante De Vía Férrea Con Un Grado De Compactación De 95% Proctor	m-vía	40.00	\$290.00	\$11,600.00
	Suministro Y Colocación De Durmiente De Madera De Encino	pza.	80.00	\$17,400.00	\$1,392,000.00
	Suministro Y Colocación De Placa Doble Hombro De 14" Para Riel De 115 Lbs	pza.	160.00	\$5,220.00	\$835,200.00
	Suministro Y Colocación De Ancla De Golpe Para Riel De 115 Lbs/Yda	pza.	1,120.00	\$464.00	\$519,680.00
	Suministro Y Colocación De Clavo De Vía De 5/8 X 6"	pza.	640.00	\$348.00	\$222,720.00
	Suministro Y Colocación De Riel De 115 Lbs/Yda En Una Longitud De 80 Ft	ton	5.00	\$63,800.00	\$319,000.00
	Suministro Y Aplicación De Soldadura Aluminotermica De 115 Lbs/Yda	jgo	8.00	\$2,900.00	\$23,200.00
	Suministro Y Calzado Tendido De Balasto Para Calzado De Crucero De Crucero Como El Los Aproxes Hasta 250 Mts	m³	185.00	\$2,900.00	\$536,500.00
	Calzado, Nivelación Y Alineación De Vía En Forma Semimecanizada	m-vía	250.00	\$2,900.00	\$725,000.00
	Trabajos De Operario Calificado Para Protección De Los Trabajos De Rehabilitación	jor	5.00	\$17,400.00	\$87,000.00
Perforación Dirigida	Cala Y/O Sondeo Hasta 4.00 M. Por Medios Manuales Para Detección De Infraestructura	m³	6.00	\$3,190.00	\$19,140.00
	Corte Con Sierra En Pavimento Asfáltico.	m	70.80	\$32.48	\$2,299.58
	Demolición De Pavimento De Concreto Asfáltico Con Equipo Mecánico.	m³	14.50	\$754.00	\$10,933.00
	Excavación Con Equipo Mecánico Para Obras Hidráulicas En Material I, Saturado, Con Extracción Al Nivel Del Terreno Natural. I	m³	366.75	\$174.00	\$63,814.50
	Acarreo Del Material Producto De La Excavación Por Medios Mecánicos Fuera De La Obra Al Lugar Indicado Por La Supervisión	m³	476.78	\$406.00	\$193,570.65
	Suministro Y Colocación De Costalera En Tepetate, Para Contener Talud En Zanjas Y Control De Agua	pza.	400.00	\$75.40	\$30,160.00
	Bombeo De Achique, Para Desagüe Requerido Y Así Mantener Seco El Fondo De La Zanja Con Bomba Eléctrica Sumergible De 3" De Diámetro	pza.	720.00	\$371.20	\$267,264.00
	Suministro De Tubería De polietileno De Alta Densidad Corrugada De 24" De Diámetro.	m	40.00	\$1,450.00	\$58,000.00
	Suministro De Tubería De Acero Al Carbón Con Costura Helicoidal A-36 De 30" De Diámetro, Y 1/2" De Espesor Para Hincado	m	32.00	\$34,800.00	\$1,113,600.00

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Pu C/IVA	Importe
Perforación Dirigida	Construcción De Cruzamiento En La Lateral De La Autopista México - Toluca En El Km 4 + 500 En Material I Saturado A Base De perforación Direccionada Horizontal Para Instalar Tubería De Acero Al Carbón Con Costura Helicoidal De 2 1/2" De Diámetro Y Espesor De 3/4" Clase A-36, Hasta 3 M De Profundidad	m	32.00	\$9,860.00	\$315,520.00
	Construcción De Cruzamiento En La Lateral De La Autopista México - Toluca En El Km 4 + 500 En Material I Saturado A Base De Perforación Direccionada Horizontal Para Instalar Tubería De Acero Al Carbón Con Costura Helicoidal De 30" De Diámetro Y Espesor De 3/4" Clase A-36, Hasta 3 M De Profundidad	m	32.00	\$43,384.00	\$1,388,288.00
	Instalación Y Deslizamiento De Tubería Corrugada De Polietileno De Alta Densidad (PEAD) De 24 De Diámetro	m	40.00	\$870.00	\$34,800.00
	Instalación De Tubería Corrugada De Polietileno De Alta Densidad (Pead) De 24 De Diámetro	m	7.00	\$649.60	\$4,547.20
	Corte De Tubería Corrugada De Polietileno De Alta Densidad (Pead) De 35 De Diámetro	m	3.00	\$1,392.00	\$4,176.00
	Construcción De Caja Pozo De Visita De 3.40X3.40X2.50M De Profundidad Sobre Tubo De 36" De Diámetro	pza.	1.00	\$185,600.00	\$185,600.00
	Construcción De Caja Pozo De Visita De 3.40X3.40X3.00M De Profundidad Sobre Tubo De 24" De Diámetro,	pza.	1.00	\$255,200.00	\$255,200.00
	Construcción De Caja Pozo De Visita De 4.00X3.40X2.75M Sobre Tubo De 36" De Diámetro	pza.	1.00	\$209,158.87	\$209,158.87
	Plantilla De Tezontle 3/4" Con Espesor De 15 Cm Para Alojamiento De Tubería	m ³	2.00	\$928.00	\$1,856.00
	Acostillado De Tubería Con Material Producto De Banco	m ³	15.00	\$754.00	\$11,310.00
	Cámaras de Vigilancia	Suministro E Instalación De Sistema De Cámaras De Video Vigilancia	pza.	2.00	\$127,600.00
				TOTAL CON IVA	\$83,335,000.00

Fuente: Elaborado Propia

f) Fuentes de financiamiento.

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
Federales			
Estatales	Programa De Acciones Para El Desarrollo (PAD)	\$83,335,000.00	100.00%
Municipales			
Fideicomisos			
Otros			
Total		\$83,335,000.00	100%

g) Capacidad instalada

La capacidad instalada resultante de la implementación del proyecto permitirá incrementar el nivel de servicio y seguridad operativa del cruce sobre la carretera Toluca- México como primera instancia, modernizar la vialidad reduce los Costos Generalizados de Viaje a largo plazo mediante obras no solo beneficiarias para los vehículos.

El diseño operacional permitirá incrementar la seguridad de los 12,975 vehículos motorizados que circulan diariamente en la situación actual para ambos sentidos. Para tal efecto se toman como tasa de crecimiento el 2.18% obtenida mediante los datos Viales de la SCT. Además, el camino presentará un Nivel de servicio Tipo A, de acuerdo al Manual de Proyecto geométrico 2018 publicado por la SCT.

Tabla 40 Capacidad Instalada

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias						
ALTA CONGESTIÓN				MEDIA CONGESTION		
Demanda (TDPA)				11,247		
Crecimiento Anual				2.18%		
		Clasificación vehicular				
Año		A	B	C	Total Día	Total Anual
		96.90%	0.43%	2.67%	100%	365
0	2022	10,898	48	300	11,247	4,105,155
1	2023	11,135	49	307	11,491	4,194,215
2	2024	11,377	50	314	11,741	4,285,372
3	2025	11,624	51	321	11,996	4,378,415
4	2026	11,877	52	327	12,257	4,473,711
5	2027	12,135	53	335	12,523	4,570,896
6	2028	12,399	55	342	12,795	4,670,337
7	2029	12,669	56	349	13,074	4,772,035
8	2030	12,945	57	357	13,359	4,875,991
9	2031	13,227	58	365	13,650	4,982,207
10	2032	13,515	59	373	13,947	5,090,685
11	2033	13,809	61	381	14,250	5,201,426
12	2034	14,109	62	389	14,560	5,314,431
13	2035	14,416	63	397	14,877	5,430,068
14	2036	14,730	65	406	15,201	5,548,337
15	2037	15,050	66	415	15,531	5,668,877
16	2038	15,377	68	424	15,869	5,792,052
17	2039	15,712	69	433	16,214	5,918,231
18	2040	16,054	71	443	16,567	6,047,049
19	2041	16,403	72	452	16,927	6,178,510
20	2042	16,760	74	462	17,296	6,312,979
21	2043	17,125	75	472	17,672	6,450,458
22	2044	17,498	77	482	18,057	6,590,950
23	2045	17,879	79	493	18,451	6,734,457

		Clasificación vehicular				
Año		A	B	C	Total Día	Total Anual
		96.90%	0.43%	2.67%	100%	365
0	2022	1,166	5	32	1,203	439,095
1	2023	1,191	5	33	1,229	448,519
2	2024	1,217	5	34	1,256	458,269
3	2025	1,243	5	34	1,282	468,026
4	2026	1,270	5	35	1,310	478,153
5	2027	1,298	5	36	1,339	488,651
6	2028	1,326	5	37	1,368	499,155
7	2029	1,355	5	37	1,397	510,030
8	2030	1,384	5	38	1,427	520,911
9	2031	1,414	5	39	1,458	532,164
10	2032	1,445	5	40	1,490	543,789
11	2033	1,476	5	41	1,522	555,420
12	2034	1,508	5	42	1,555	567,423
13	2035	1,541	5	42	1,588	579,799
14	2036	1,575	5	43	1,623	592,546
15	2037	1,609	5	44	1,658	605,301
16	2038	1,644	5	45	1,694	618,428
17	2039	1,680	5	46	1,731	631,928
18	2040	1,717	5	47	1,769	645,800
19	2041	1,754	5	48	1,807	659,681
20	2042	1,792	5	49	1,846	673,935
21	2043	1,831	5	50	1,886	688,562
22	2044	1,871	5	52	1,928	703,563
23	2045	1,912	5	53	1,970	718,937

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

24	2046	18,268	80	504	18,852	6,880,981	24	2046	1,954	5	54	2,013	734,686
25	2047	18,665	82	515	19,262	7,030,523	25	2047	1,997	5	55	2,057	750,808
26	2048	19,071	84	526	19,681	7,183,450	26	2048	2,040	5	56	2,101	766,940
27	2049	19,486	86	537	20,109	7,339,766	27	2049	2,084	5	57	2,146	783,446
28	2050	19,910	88	549	20,547	7,499,473	28	2050	2,129	5	59	2,193	800,327
29	2051	20,343	90	561	20,993	7,662,572	29	2051	2,175	5	60	2,240	817,583
30	2052	20,786	91	573	21,450	7,829,431	30	2052	2,222	5	61	2,288	835,214

BAJA CONGESTIÓN	
Demanda (TDPA)	525
Crecimiento Anual	2.18%

Año	Clasificación vehicular			Total Día	Total Anual
	A	B	C		
	96.90%	0.43%	2.67%	100%	365
0 2022	509	2	14	525	191,531
1 2023	520	2	14	536	195,682
2 2024	531	2	15	548	199,923
3 2025	543	2	15	560	204,256
4 2026	554	2	15	572	208,683
5 2027	567	2	16	584	213,207
6 2028	579	2	16	597	217,829
7 2029	591	2	16	610	222,552
8 2030	604	2	17	623	227,377
9 2031	617	2	17	636	232,308
10 2032	631	2	17	650	237,346
11 2033	645	2	18	664	242,493
12 2034	659	2	18	679	247,752
13 2035	673	2	19	693	253,126
14 2036	688	2	19	709	258,616
15 2037	703	2	19	724	264,226
16 2038	718	2	20	740	269,958
17 2039	733	2	20	756	275,815
18 2040	749	2	21	772	281,799
19 2041	766	2	21	789	287,914
20 2042	782	2	22	806	294,161
21 2043	799	2	22	823	300,544
22 2044	817	2	23	841	307,066
23 2045	835	2	23	860	313,730
24 2046	853	2	23	878	320,539
25 2047	871	2	24	897	327,496
26 2048	890	2	25	917	334,605
27 2049	910	2	25	937	341,868
28 2050	929	2	26	957	349,289
29 2051	950	2	26	978	356,871
30 2052	970	2	27	999	364,619

Fuente: Elaboración propia

h) Metas

Metas		
Concepto	Unidad	Cantidad
Construcción de PIV El Llanito y obras accesorias	M	890.00
Construcción de guarniciones	M	2,400.00
Construcción de Banquetas	M2	1,910.00
Obras de Drenaje: cunetas, lavaderos y bordillos	M	610.00
Obras de Drenaje: registro para coladera, registro pluvial y boca de tormenta	Pza.	25.00
Señalamiento horizontal: raya separadora de carriles, en la orilla del arroyo vial, raya de alto y marcas en guarniciones	M	9,782.00
Señalamiento Horizontal: botones, flechas y símbolos	Pza.	724.00
Señalamiento Vertical: señales preventivas, restrictivas e informativas	Pza.	61.00
Alumbrado Público	Pza.	100.00
Cámaras de Vigilancia	Pza.	2.00

i) Vida útil

Vida útil del PPI	
Vida útil promedio del proyecto	30 años

j) Aspectos más relevantes

La ejecución del proyecto está a cargo la Junta de Caminos del Estado de México.

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

Al tratarse de una reconstrucción y en el ámbito jurídico, se cuenta con los permisos necesarios para realizar los trabajos de la vía ya que es de jurisdicción Estatal.

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

Estudios ambientales

Para la Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872 y debido a la magnitud de los trabajos, se presentó un informe de Manifestación de Impacto Ambiental, cuyo resolutive salió a favor de manera condicionada el 10 de agosto del 2022 (oficio No. 21100007L/DGOIA/RESOL/488/2022). Dicho resolutive

tiene una vigencia de un (1) año para llevar a cabo las etapas de preparación de sitio y construcción de las obras del proyecto.

Estudios de mercado

El mercado del proyecto está dado por su tránsito y las características de la vialidad, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a cabo en el cruce bajo la carretera Toluca- México se consideran los obtenidos en campo.

k) Análisis de la Oferta

Se contará con un PIV de aproximadamente 330 m de longitud para cruzar la carretera Toluca-México, su acceso de entrada y salida conformado por la tierra armada lado norte se ubica frente a las plazas Outlet Lerma y su acceso de entrada y salida lado sur se ubica colindando con el Bachillerato HUNAB, así mismo contempla gasas de incorporación para dar solución a los movimientos direccionales en la zona, estos se ubican a un costado del puente y tierra armada, ubicado en los Municipios de Lerma y Ocoyoacac, Estado de México.

Una vez ejecutado el proyecto consistirá en la construcción de un PIV de un solo cuerpo formado por dos carriles de circulación

Tabla 41 Características físicas y geométricas en la situación con proyecto

Parámetros para ambos sentidos de la vialidad	PIV El Llanito
Longitud a atender	890 metros
Número de carriles	2 uno para cada sentido
Ancho de calzada (m)	7.0 metros
Acotamientos	No
Tipo de superficie	Asfalto
Índice de rugosidad (m/km)	3
Alumbrado publico	Existente
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Existente
Obras de Drenaje	Existente
Guarniciones y banquetas	Existente
Velocidad de operación promedio (km/h) alta congestión	22.22 km/h
Tiempo de recorrido con alta congestión	02:25 minutos
Velocidad de operación promedio (km/h) media congestión	24.24 km/h
Tiempo de recorrido con media congestión	02:14 minutos
Velocidad de operación promedio (km/h) baja congestión	26.78 km/h
Tiempo de recorrido con baja congestión	02:01 minutos

Fuente: Elaboración propia.

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

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

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 del PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca es un tipo de servicio Tipo A.

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	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

I) Análisis de la Demanda

Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Transito 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 los siguientes datos:

Tabla 42 TDPA proyecto

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias	
Transito Diario Promedio Anual	
Tramo	TDPA
Cruce bajo carretera Toluca- México	12,975

Fuente: Elaboración propia

Periodización

Las horas generalmente se reparten en periodos de alta, media y baja congestión, adicionalmente a partir del estudio de aforos se determinaron los aforos vehiculares para cada uno de los periodos de alta, media

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

y baja congestión. Todo esto con el objetivo de poder tener un panorama del comportamiento por movimiento de los flujos y clasificación del tránsito.

La tabla siguiente presenta el tránsito diario promedio anual por periodo de congestión de cada uno de los movimientos del cruce en cuestión.

Tabla 43 Periodización de 12 Movimientos

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Transito Diario Promedio Anual					
Tipo de vehículo	TDPA	A	B	C	Total
Alta Congestión	11,247.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
Media Congestión	1,203.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
Baja Congestión	525.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%
TDPA	12,975.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

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 44 Composición vehicular

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Transito Diario Promedio Anual					
Tramo	TDPA	A	B	C	Total
Cruce bajo carretera Toluca- México	12,975.00	96.90%	0.43%	2.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

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 45 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

Con el objeto de conocer el comportamiento de las corrientes de tránsito durante todo el año, la Secretaria 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

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

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 2012 al 2021, de la carretera México- Toluca en el Km 51+710 misma que es la carretera que se encuentra más cercana a la zona del proyecto de la cual se cuentan con datos viales.

Cabe mencionar que se considera como tasa de crecimiento el promedio de las tasas medias anual registradas, esto con el fin de no sobre valorar los beneficios del proyecto.

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.¹¹

N_i: población en el momento inicial del periodo

N_f: 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 46. Tasa de crecimiento de la carretera México- Toluca en dirección a México

DATOS VIALES SCT				
Camino	Año	TDPA	Tasa de crecimiento anual	
Carretera México- Toluca Km 51+710 Sentido a México	2012	62,992	2012- 2013	-0.63%
	2013	62,598	2013- 2014	3.11%
	2014	64,547	2014- 2015	-4.08%
	2015	61,913	2015- 2016	0.13%
	2016	61,994	2016- 2017	2.41%
	2017	63,485	2017- 2018	7.07%
	2018	67,976	2018- 2019	14.44%
	2019	77,789	2019- 2020	-18.78%
	2020	63,177	2020- 2021	15.91%
	2021	73,228	Promedio	2.18%

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

¹¹http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Con base en el análisis anterior se determinó que la tasa de decrecimiento a utilizar será de 2.18% a fin de no sobrevalorar el proyecto.

Esto se considera ya que es necesario reestimar la demanda a lo largo del horizonte de evaluación para que contenga los impactos derivados de las optimizaciones en caso de haberlos, dado que la optimización propuesta únicamente modifica las características de la oferta, la demanda de la situación sin proyecto se considera igual a la demanda de la situación actual. A continuación, se presenta el cálculo de la demanda en la situación sin proyecto y sus proyecciones a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 47 Proyección de TDPA

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias						
ALTA CONGESTIÓN				MEDIA CONGESTION		
Demanda (TDPA)				11,247		
Crecimiento Anual				2.18%		
		Clasificación vehicular				
Año		A	B	C	Total Día	Total Anual
		96.90%	0.43%	2.67%	100%	365
0	2022	10,898	48	300	11,247	4,105,155
1	2023	11,135	49	307	11,491	4,194,215
2	2024	11,377	50	314	11,741	4,285,372
3	2025	11,624	51	321	11,996	4,378,415
4	2026	11,877	52	327	12,257	4,473,711
5	2027	12,135	53	335	12,523	4,570,896
6	2028	12,399	55	342	12,795	4,670,337
7	2029	12,669	56	349	13,074	4,772,035
8	2030	12,945	57	357	13,359	4,875,991
9	2031	13,227	58	365	13,650	4,982,207
10	2032	13,515	59	373	13,947	5,090,685
11	2033	13,809	61	381	14,250	5,201,426
12	2034	14,109	62	389	14,560	5,314,431
13	2035	14,416	63	397	14,877	5,430,068
14	2036	14,730	65	406	15,201	5,548,337
15	2037	15,050	66	415	15,531	5,668,877
16	2038	15,377	68	424	15,869	5,792,052
17	2039	15,712	69	433	16,214	5,918,231
18	2040	16,054	71	443	16,567	6,047,049
19	2041	16,403	72	452	16,927	6,178,510
20	2042	16,760	74	462	17,296	6,312,979
21	2043	17,125	75	472	17,672	6,450,458
22	2044	17,498	77	482	18,057	6,590,950
23	2045	17,879	79	493	18,451	6,734,457
24	2046	18,268	80	504	18,852	6,880,981
25	2047	18,665	82	515	19,262	7,030,523
26	2048	19,071	84	526	19,681	7,183,450
27	2049	19,486	86	537	20,109	7,339,766

		Clasificación vehicular				
Año		A	B	C	Total Día	Total Anual
		96.90%	0.43%	2.67%	100%	365
0	2022	1,166	5	32	1,203	439,095
1	2023	1,191	5	33	1,229	448,519
2	2024	1,217	5	34	1,256	458,269
3	2025	1,243	5	34	1,282	468,026
4	2026	1,270	5	35	1,310	478,153
5	2027	1,298	5	36	1,339	488,651
6	2028	1,326	5	37	1,368	499,155
7	2029	1,355	5	37	1,397	510,030
8	2030	1,384	5	38	1,427	520,911
9	2031	1,414	5	39	1,458	532,164
10	2032	1,445	5	40	1,490	543,789
11	2033	1,476	5	41	1,522	555,420
12	2034	1,508	5	42	1,555	567,423
13	2035	1,541	5	42	1,588	579,799
14	2036	1,575	5	43	1,623	592,546
15	2037	1,609	5	44	1,658	605,301
16	2038	1,644	5	45	1,694	618,428
17	2039	1,680	5	46	1,731	631,928
18	2040	1,717	5	47	1,769	645,800
19	2041	1,754	5	48	1,807	659,681
20	2042	1,792	5	49	1,846	673,935
21	2043	1,831	5	50	1,886	688,562
22	2044	1,871	5	52	1,928	703,563
23	2045	1,912	5	53	1,970	718,937
24	2046	1,954	5	54	2,013	734,686
25	2047	1,997	5	55	2,057	750,808
26	2048	2,040	5	56	2,101	766,940
27	2049	2,084	5	57	2,146	783,446

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

28	2050	19,910	88	549	20,547	7,499,473	28	2050	2,129	5	59	2,193	800,327
29	2051	20,343	90	561	20,993	7,662,572	29	2051	2,175	5	60	2,240	817,583
30	2052	20,786	91	573	21,450	7,829,431	30	2052	2,222	5	61	2,288	835,214

BAJA CONGESTIÓN	
Demanda (TDPA)	525
Crecimiento Anual	2.18%

Año		Clasificación vehicular			Total Día	Total Anual
		A	B	C		
		96.90%	0.43%	2.67%	100%	365
0	2022	509	2	14	525	191,531
1	2023	520	2	14	536	195,682
2	2024	531	2	15	548	199,923
3	2025	543	2	15	560	204,256
4	2026	554	2	15	572	208,683
5	2027	567	2	16	584	213,207
6	2028	579	2	16	597	217,829
7	2029	591	2	16	610	222,552
8	2030	604	2	17	623	227,377
9	2031	617	2	17	636	232,308
10	2032	631	2	17	650	237,346
11	2033	645	2	18	664	242,493
12	2034	659	2	18	679	247,752
13	2035	673	2	19	693	253,126
14	2036	688	2	19	709	258,616
15	2037	703	2	19	724	264,226
16	2038	718	2	20	740	269,958
17	2039	733	2	20	756	275,815
18	2040	749	2	21	772	281,799
19	2041	766	2	21	789	287,914
20	2042	782	2	22	806	294,161
21	2043	799	2	22	823	300,544
22	2044	817	2	23	841	307,066
23	2045	835	2	23	860	313,730
24	2046	853	2	23	878	320,539
25	2047	871	2	24	897	327,496
26	2048	890	2	25	917	334,605
27	2049	910	2	25	937	341,868
28	2050	929	2	26	957	349,289
29	2051	950	2	26	978	356,871
30	2052	970	2	27	999	364,619

Fuente: Elaboración propia

m) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, 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. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción en los tiempos de recorrido, para la situación con proyecto son las siguientes:

Tabla 48 Velocidades de Recorrido para los periodos de alta, media y baja congestión

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias				
Velocidades Situación Con Proyecto				
Tipo de vehículo	A	B	C	Promedio
Alta Congestión	24.52	21.98	20.17	22.22
Media Congestión	27.56	23.46	21.68	24.24
Baja Congestión	29.75	26.81	23.80	26.78

Fuente: Elaboración propia

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.

El PIV el Llanito presenta un nivel de servicio "A".

Tabla 49 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	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

Costos de Operación vehicular (Situación Actual)

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado VehicleOperatingCost (VOC) que es parte del modelo HighwayDevelopment and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial.

Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), sobre 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.

El programa simula los efectos de las características físicas y geométricas del camino en las velocidades de operación, el valor promedio de IRI, en consumo de combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, etc., aplica costos unitarios a las cantidades consumidas de recursos y determina costos totales de operación por cada segmento de carretera considerado. Posteriormente su vinculación del TDPA por configuración vehicular obteniendo así los costos totales de operación vehicular para cada tipo de vehículo que transita por el camino.

Tabla 50 Características Situación Con Proyecto

SITUACIÓN CON PROYECTO				
ALTA CONGESTIÓN				
	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
	A	B	C	
Longitud: 0.89 Km				
Clasificación Vehicular				3.00
Velocidad Promedio	24.52	21.98	20.17	
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$7,264.87	\$20,643.46	\$21,438.53	
COV's/km -veh	\$7.26	\$20.64	\$21.44	
Tiempo de recorrido	00:02:11	00:02:26	00:02:39	
MEDIA CONGESTIÓN				
	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
	A	B	C	
Longitud: 0.89 Km				
Clasificación Vehicular				3.00
Velocidad Promedio	27.56	23.46	21.68	24.24
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$6,688.58	\$20,031.31	\$20,613.81	
COV's/km -veh	\$6.69	\$20.03	\$20.61	
Tiempo de recorrido	00:01:56	00:02:17	00:02:28	
BAJA CONGESTIÓN				
	Costos de operación vehicular			IRI mm/m
	A	B	C	
Longitud: 0.89 Km				
Clasificación Vehicular				3.00
Velocidad Promedio	29.75	26.81	23.80	26.78
COV \$/Km (1,000 vehículos)	\$6,276.21	\$18,644.14	\$19,465.10	
COV's/km -veh	\$6.28	\$18.64	\$19.47	
Tiempo de recorrido	00:01:48	00:02:00	00:02:15	

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran a continuación por tipo de vehículo y para cada uno de los horarios de alta, media y baja congestión.

Tabla 51 Parámetros con los que se alimentó el VOC-MEX 3.0 Situación Con Proyecto

Vehículo ligero		
Características de la carretera		PV El Llanito
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	3.00
3. Pendiente media ascendente	%	9.24
4. Pendiente media descendente	%	9.11
5. Proporción de viaje ascendente	%	50
6. Curvatura horizontal promedio	Grados/km	0.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	Fracción	D*
8. altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	0.00
*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)		
Selección del vehículo, tipo del vehículo	4.00	
Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	1,680.00
2. Carga útil	kg	1,030.00
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	63.87
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	51.91
5. Velocidad deseada	km/h	24.52
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.46
7. Área frontal proyectada	m ²	2.58
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	3 700.00
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.16
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	4.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	0.00
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.38
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	0.00
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.00
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	0.00
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. Numero de km conducidos por año	km	25 000.00
2. Número de horas conducidas por año	horas	2 808.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.60
4. Vida útil promedio de servicio	años	6.00
5. ¿usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	75 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	2.00

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	337,645.31
2. Costo del combustible	\$/litro	16.29
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.93
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	1 050.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	32.73
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	30.97
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	0.50
Coeficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.31
2. Cpo	Refacciones	32.49
3. CPq	Refacciones	13.7
4. QIPo	Refacciones	120.00
5. Clo	Mantenimiento	77.14
6. CLp	Mantenimiento	0.55
7. CLq	Mantenimiento	0.00
8. Coo	Lubricantes	1.55
9. FRATIOo	VCURVE	0.22
10. FRATIO1	VCURVE	0.00
11. ARVMAX	VROUGH	239.70
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.31
3. Eo	Velocidad	1
4. Ao	Combustible	6 014.00
5. A1	Combustible	37.60
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	3 846.00
8. A4	Combustible	1.40
9. A5	Combustible	0.00
10. A6	Combustible	3604
11. A7	Combustible	0.00
12. NHO	Combustible	-12.00

Autobús Foráneo		
Características de la carretera		PV El Llanito
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	3.00
3. Pendiente media ascendente	%	9.24
4. Pendiente media descendente	%	9.11
5. Proporción de viaje ascendente	%	50

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

6. Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	fracción	D*
8. Altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	0.00

*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo, tipo del vehículo	5.00	
Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	17 500.00
2. Carga útil	kg	7 500.00
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	288.95
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	333.56
5. Velocidad deseada	km/h	21.98
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.65
7. Área frontal proyectada	m ²	6.98
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	1 700
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	10.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	6.85
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.33
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. numero de km conducidos por año	km	240 000.00
2. número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.8
4. Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5. ¿usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	750 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	23.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	2'289,927.00
2. Costo del combustible	\$/litro	18.0
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.07
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,886.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	81.06
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	70.0
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	1.42

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Coeficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.48
2. Cpo	Refacciones	1.77
3. CPq	Refacciones	3.56
4. QIPo	Refacciones	190.00
5. Clo	Mantenimiento	293.44
6. CLp	Mantenimiento	0.52
7. CLq	Mantenimiento	0.01
8. CoO	Lubricantes	3.07
9. FRATIOo	VCURVE	0.23
10. FRATIO1	VCURVE	0.00
11. ARVMAX	VROUGH	212.80
1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.27
3. Eo	Velocidad	1.01
4. Ao	Combustible	-7276.00
5. A1	Combustible	63.50
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	4 323.00
8. A4	Combustible	0.00
9. A5	Combustible	8.64
10. A6	Combustible	2 479.00
11. A7	Combustible	11.50
12. NHO	Combustible	-50.00

Camión de dos ejes		
Características de la carretera		PV El Llanito
1. Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.00
2. Rigurosidad promedio (IIR)	m/km	3.00
3. Pendiente media ascendente	%	9.24
4. Pendiente media descendente	%	9.11
5. Proporción de viaje ascendente	%	50
6. Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.00
7. Sobrevaluación promedio (peralte)	fracción	D*
8. Altitud del terreno	m/km	2,575
9. Numero efectivo de carriles	código: 1-Uno 0-Más de uno	0.00

*(valor por "default" del programa en función de la curvatura)

Selección del vehículo, tipo del vehículo

Características del vehículo		
1. Peso del vehículo	kg	5 501.60
2. Carga útil	kg	10,374.10
3. Potencia máxima en operación	HP métrico	163.49
4. Potencia máxima del freno	HP métrico	218.27
5. Velocidad deseada	km/h	20.17

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

6. Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.85
7. Área frontal proyectada	m ²	6.05
8. Velocidad calibrada del motor	RPM	2 100.00
9. Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10. Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15
Características de los neumáticos		
1. Numero de llantas por vehículo	#	6.00
2. Volumen de hule utilizada por llanta	dm ³	7.60
3. Costo de renovación / costo llanta nueva	Fracción	0.33
4. Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39
5. Termino const. del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6. Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78
Datos sobre la utilización del vehículo		
1. Numero de km conducidos por año	km	150 000.00
2. Número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3. Índice de utilización horario	fracción	0.85
4. Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5. ¿Usar vida útil constante?	Código: 1-si 0-no	1.00
6. Edad del vehículo, en kilómetros	km	500 000.00
7. Número de pasajeros por vehículos	#	0.00
Costos unitarios en pesos		
1. Precio del vehículo nuevo	\$	565,702.81
2. Costo del combustible	\$/litro	18.00
3. Costo de los lubricantes	\$/litro	37.07
4. Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,700.00
5. Tiempo de los operarios	\$/hora	0.00
6. Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7. Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	51.50
8. Retención de la carga	\$/hora	0.00
9. Tasa de interés anual	%	4.10
10. Costos indirectos por veh-km	\$	0.89
Coefficientes adicionales		
1. KP	Refacciones	0.37
2. Cpo	Refacciones	1.49
3. CPq	Refacciones	251.79
4. QIPo	Refacciones	0.00
5. Clo	Mantenimiento	242.03
6. CLp	Mantenimiento	0.52
7. CLq	Mantenimiento	0.00
8. Co	Lubricantes	3.07
9. FRATIOo	VCURVE	0.29
10. FRATIO1	VCURVE	0.09
11. ARVMAX	VROUGH	177.70

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

1. BW	VDESIR	1.00
2. BETA	Velocidad	0.31
3. Eo	Velocidad	1.01
4. Ao	Combustible	-22,955.00
5. A1	Combustible	95.00
6. A2	Combustible	0.00
7. A3	Combustible	3 758.00
8. A4	Combustible	0.00
9. A5	Combustible	19.12
10. A6	Combustible	2 394.00
11. A7	Combustible	13.76
12. NHO	Combustible	-85.00

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

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. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2022, del IMT.

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

Tabla 52 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (en pesos)	\$172.87
Valor tiempo por motivo de trabajo	54.89
% coeficiente tiempo motivo trabajo	97.10%
Valor del tiempo por motivo de placer	32.93
% coeficiente tiempo motivo placer	2.90%
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)	4.50
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	124.22

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2021, NOTAS núm. 189, ENERO-FEBRERO 2021, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

Se presenta a continuación el cuadro con los CGV en la Situación con proyecto, con base en las modificaciones realizadas al IRI y a las velocidades promedio de circulación para los tramos del proyecto.

Aunado a lo anterior se considerará un porcentaje de 4.72% de inflación que se pudiera presentar en el horizonte de evaluación en los costos de operación vehicular. Esto tomando como referencia económica la Unidad de Medida y Actualización (UMA¹²) registrada durante los años 2016 y 2022.

Tabla 53 Costos de Operación Vehicular y Costo Valor del Tiempo

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias								
ALTA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Con Proyecto				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	
1	2023	\$7.26	\$20.64	\$21.44	\$26,278,510.60	\$328,595.37	\$2,138,041.92	\$28,745,147.90
2	2024	\$7.61	\$21.62	\$22.45	\$28,115,887.47	\$351,577.61	\$2,287,578.39	\$30,755,043.47
3	2025	\$7.97	\$22.64	\$23.51	\$30,081,061.15	\$376,167.25	\$2,447,573.57	\$32,904,801.96
4	2026	\$8.34	\$23.70	\$24.62	\$32,185,319.19	\$402,476.71	\$2,618,758.94	\$35,206,554.84
5	2027	\$8.74	\$24.82	\$25.78	\$34,435,338.59	\$430,626.27	\$2,801,917.16	\$37,667,882.02
6	2028	\$9.15	\$25.99	\$26.99	\$36,843,828.30	\$460,744.63	\$2,997,885.63	\$40,302,458.56
7	2029	\$9.58	\$27.22	\$28.27	\$39,421,572.02	\$492,969.51	\$3,207,560.30	\$43,122,101.82
8	2030	\$10.03	\$28.50	\$29.60	\$42,180,057.77	\$527,448.21	\$3,431,899.79	\$46,139,405.77
9	2031	\$10.50	\$29.85	\$31.00	\$45,131,522.21	\$564,338.39	\$3,671,929.77	\$49,367,790.37
10	2032	\$11.00	\$31.25	\$32.46	\$48,288,997.70	\$603,808.69	\$3,928,747.66	\$52,821,554.05
11	2033	\$11.52	\$32.73	\$33.99	\$51,666,362.13	\$646,039.59	\$4,203,527.60	\$56,515,929.32
12	2034	\$12.06	\$34.27	\$35.59	\$55,278,391.87	\$691,224.14	\$4,497,525.89	\$60,467,141.91
13	2035	\$12.63	\$35.89	\$37.27	\$59,144,920.63	\$739,568.95	\$4,812,086.67	\$64,696,576.25
14	2036	\$13.23	\$37.58	\$39.03	\$63,283,273.97	\$791,295.03	\$5,148,648.10	\$69,223,217.10
15	2037	\$13.85	\$39.35	\$40.87	\$67,707,410.65	\$846,638.87	\$5,508,748.92	\$74,062,798.45
16	2038	\$14.50	\$41.21	\$42.80	\$72,441,066.01	\$905,853.51	\$5,894,035.50	\$79,240,955.03
17	2039	\$15.19	\$43.15	\$44.81	\$77,510,082.92	\$969,209.68	\$6,306,269.35	\$84,785,561.95
18	2040	\$15.90	\$45.19	\$46.93	\$82,932,260.38	\$1,036,997.03	\$6,747,335.18	\$90,716,592.59
19	2041	\$16.65	\$47.32	\$49.14	\$88,731,340.30	\$1,109,525.48	\$7,219,249.53	\$97,060,115.31
20	2042	\$17.44	\$49.55	\$51.46	\$94,938,263.51	\$1,187,126.63	\$7,724,169.97	\$103,849,560.12
21	2043	\$18.26	\$51.89	\$53.88	\$101,580,737.74	\$1,270,155.28	\$8,264,404.98	\$111,115,298.00
22	2044	\$19.12	\$54.33	\$56.43	\$108,688,277.86	\$1,358,991.02	\$8,842,424.48	\$118,889,693.36
23	2045	\$20.02	\$56.90	\$59.09	\$116,292,319.43	\$1,454,040.00	\$9,460,871.16	\$127,207,230.59
24	2046	\$20.97	\$59.58	\$61.87	\$124,426,339.25	\$1,555,736.79	\$10,122,572.52	\$136,104,648.57
25	2047	\$21.96	\$62.39	\$64.79	\$133,125,983.15	\$1,664,546.35	\$10,830,553.84	\$145,621,083.34
26	2048	\$22.99	\$65.33	\$67.85	\$142,436,670.33	\$1,780,966.13	\$11,588,051.97	\$155,805,688.44
27	2049	\$24.08	\$68.41	\$71.05	\$152,399,856.39	\$1,905,528.42	\$12,398,530.17	\$166,703,914.97
28	2050	\$25.21	\$71.64	\$74.40	\$163,059,697.54	\$2,038,802.69	\$13,265,693.90	\$178,364,194.13
29	2051	\$26.40	\$75.02	\$77.91	\$174,463,220.21	\$2,181,398.28	\$14,193,507.79	\$190,838,126.28
30	2052	\$27.65	\$78.56	\$81.58	\$186,669,481.44	\$2,333,967.13	\$15,186,213.78	\$204,189,662.35

2.18%

¹² <https://www.inegi.org.mx/temas/uma/>

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/h)				Situación Con Proyecto				
				Valor Tiempo (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	
1	2023	24.52	21.98	20.17	\$16,009,843.84	\$903,604.76	\$2,764,515.07	\$19,677,963.67
2	2024	23.98	21.50	19.73	\$16,721,547.12	\$943,792.65	\$2,887,467.08	\$20,552,806.85
3	2025	23.46	21.04	19.30	\$17,464,498.72	\$985,767.90	\$3,015,887.39	\$21,466,154.01
4	2026	22.95	20.58	18.88	\$18,241,439.38	\$1,029,610.00	\$3,150,019.21	\$22,421,068.59
5	2027	22.45	20.13	18.47	\$19,052,148.28	\$1,075,401.98	\$3,290,116.55	\$23,417,666.82
6	2028	21.96	19.69	18.07	\$19,899,522.57	\$1,123,230.57	\$3,436,444.73	\$24,459,197.86
7	2029	21.48	19.26	17.67	\$20,785,006.16	\$1,173,186.33	\$3,589,280.86	\$25,547,473.35
8	2030	21.02	18.84	17.29	\$21,710,093.83	\$1,225,363.88	\$3,748,914.39	\$26,684,372.11
9	2031	20.56	18.43	16.91	\$22,676,332.89	\$1,279,862.03	\$3,915,647.64	\$27,871,842.56
10	2032	20.11	18.03	16.54	\$23,685,324.81	\$1,336,783.99	\$4,089,796.36	\$29,111,905.16
11	2033	19.68	17.64	16.18	\$24,738,727.05	\$1,396,237.56	\$4,271,690.36	\$30,406,654.96
12	2034	19.25	17.26	15.83	\$25,838,254.83	\$1,458,335.32	\$4,461,674.10	\$31,758,264.26
13	2035	18.83	16.88	15.49	\$26,987,555.09	\$1,523,194.90	\$4,660,107.39	\$33,170,857.37
14	2036	18.42	16.52	15.15	\$28,188,589.13	\$1,590,939.10	\$4,867,366.02	\$34,646,894.25
15	2037	18.02	16.16	14.82	\$29,441,431.14	\$1,661,696.24	\$5,083,842.48	\$36,186,969.86
16	2038	17.63	15.80	14.50	\$30,750,052.10	\$1,735,600.30	\$5,309,946.75	\$37,795,599.16
17	2039	17.24	15.46	14.18	\$32,118,668.76	\$1,812,791.25	\$5,546,107.03	\$39,477,567.04
18	2040	16.87	15.12	13.87	\$33,547,576.29	\$1,893,415.28	\$5,792,770.55	\$41,233,762.13
19	2041	16.50	14.80	13.57	\$35,039,104.63	\$1,977,625.07	\$6,050,404.46	\$43,067,134.15
20	2042	16.14	14.47	13.28	\$36,597,848.40	\$2,065,580.09	\$6,319,496.64	\$44,982,925.13
21	2043	15.79	14.16	12.99	\$38,226,447.90	\$2,157,446.92	\$6,600,556.73	\$46,984,451.55
22	2044	15.45	13.85	12.71	\$39,927,636.28	\$2,253,399.53	\$6,894,116.98	\$49,075,152.79
23	2045	15.11	13.55	12.43	\$41,704,242.51	\$2,353,619.64	\$7,200,733.34	\$51,258,595.49
24	2046	14.78	13.25	12.16	\$43,559,194.52	\$2,458,297.05	\$7,520,986.50	\$53,538,478.07
25	2047	14.46	12.97	11.89	\$45,495,522.40	\$2,567,629.99	\$7,855,482.93	\$55,918,635.32
26	2048	14.15	12.68	11.64	\$47,518,853.37	\$2,681,825.53	\$8,204,856.12	\$58,405,535.01
27	2049	13.84	12.41	11.38	\$49,632,598.04	\$2,801,099.92	\$8,569,767.70	\$61,003,465.66
28	2050	13.54	12.14	11.14	\$51,840,286.78	\$2,925,679.04	\$8,950,908.76	\$63,716,874.59
29	2051	13.24	11.87	10.89	\$54,145,573.61	\$3,055,798.84	\$9,349,001.09	\$66,550,373.54
30	2052	12.96	11.62	10.66	\$56,554,961.00	\$3,191,705.72	\$9,764,798.61	\$69,511,465.34

MEDIA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Con Proyecto				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	
1	2023	\$6.69	\$20.03	\$20.61	\$2,587,786.00	\$32,535.85	\$219,767.94	\$2,840,089.79
2	2024	\$7.00	\$20.98	\$21.59	\$2,768,985.54	\$34,070.28	\$235,138.70	\$3,038,194.52
3	2025	\$7.33	\$21.97	\$22.60	\$2,961,520.56	\$35,677.07	\$251,584.50	\$3,248,782.13
4	2026	\$7.68	\$23.00	\$23.67	\$3,168,552.13	\$37,359.65	\$269,180.53	\$3,475,092.31
5	2027	\$8.04	\$24.09	\$24.79	\$3,391,137.04	\$39,121.57	\$288,007.25	\$3,718,265.86

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

6	2028	\$8.42	\$25.22	\$25.96	\$3,627,669.27	\$40,966.59	\$308,150.72	\$3,976,786.57
7	2029	\$8.82	\$26.41	\$27.18	\$3,881,834.09	\$42,898.62	\$329,703.04	\$4,254,435.75
8	2030	\$9.23	\$27.66	\$28.46	\$4,151,903.75	\$44,921.76	\$352,762.75	\$4,549,588.27
9	2031	\$9.67	\$28.96	\$29.80	\$4,441,954.54	\$47,040.32	\$377,435.28	\$4,866,430.14
10	2032	\$10.13	\$30.33	\$31.21	\$4,753,418.59	\$49,258.80	\$403,833.42	\$5,206,510.81
11	2033	\$10.60	\$31.76	\$32.68	\$5,084,380.95	\$51,581.90	\$432,077.87	\$5,568,040.73
12	2034	\$11.10	\$33.26	\$34.22	\$5,439,595.18	\$54,014.56	\$462,297.77	\$5,955,907.51
13	2035	\$11.63	\$34.82	\$35.84	\$5,820,782.75	\$56,561.95	\$494,631.27	\$6,371,975.96
14	2036	\$12.18	\$36.47	\$37.53	\$6,229,781.61	\$59,229.47	\$529,226.20	\$6,818,237.28
15	2037	\$12.75	\$38.19	\$39.30	\$6,664,411.75	\$62,022.80	\$566,240.73	\$7,292,675.28
16	2038	\$13.35	\$39.99	\$41.15	\$7,130,518.37	\$64,947.87	\$605,844.08	\$7,801,310.32
17	2039	\$13.98	\$41.87	\$43.09	\$7,630,308.28	\$68,010.88	\$648,217.33	\$8,346,536.49
18	2040	\$14.64	\$43.85	\$45.12	\$8,166,136.04	\$71,218.35	\$693,554.20	\$8,930,908.60
19	2041	\$15.33	\$45.91	\$47.25	\$8,735,533.18	\$74,577.09	\$742,061.97	\$9,552,172.24
20	2042	\$16.05	\$48.08	\$49.48	\$9,345,689.47	\$78,094.23	\$793,962.42	\$10,217,746.12
21	2043	\$16.81	\$50.35	\$51.81	\$9,999,428.94	\$81,777.24	\$849,492.82	\$10,930,699.01
22	2044	\$17.60	\$52.72	\$54.26	\$10,699,762.91	\$85,633.95	\$908,907.07	\$11,694,303.93
23	2045	\$18.43	\$55.21	\$56.81	\$11,449,901.95	\$89,672.54	\$972,476.81	\$12,512,051.30
24	2046	\$19.30	\$57.81	\$59.49	\$12,253,268.56	\$93,901.60	\$1,040,492.66	\$13,387,662.82
25	2047	\$20.21	\$60.54	\$62.30	\$13,113,510.56	\$98,330.11	\$1,113,265.60	\$14,325,106.27
26	2048	\$21.17	\$63.39	\$65.24	\$14,027,639.16	\$102,967.47	\$1,191,128.34	\$15,321,734.97
27	2049	\$22.17	\$66.38	\$68.31	\$15,006,024.32	\$107,823.53	\$1,274,436.87	\$16,388,284.71
28	2050	\$23.21	\$69.51	\$71.54	\$16,053,033.26	\$112,908.61	\$1,363,572.06	\$17,529,513.94
29	2051	\$24.31	\$72.79	\$74.91	\$17,173,318.25	\$118,233.51	\$1,458,941.45	\$18,750,493.21
30	2052	\$25.45	\$76.23	\$78.44	\$18,371,834.50	\$123,809.53	\$1,560,981.06	\$20,056,625.09

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/h)				Situación Con Proyecto				
				Valor Tiempo (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	
1	2023	27.56	23.46	21.68	\$1,522,987.20	\$86,398.50	\$274,844.26	\$1,884,229.97
2	2024	26.97	22.95	21.21	\$1,590,841.44	\$88,319.79	\$287,067.98	\$1,966,229.22
3	2025	26.38	22.45	20.75	\$1,660,960.37	\$90,283.81	\$299,835.35	\$2,051,079.53
4	2026	25.80	21.96	20.30	\$1,734,777.13	\$92,291.50	\$313,170.55	\$2,140,239.18
5	2027	25.24	21.48	19.86	\$1,812,451.87	\$94,343.83	\$327,098.84	\$2,233,894.54
6	2028	24.69	21.02	19.43	\$1,892,723.35	\$96,441.81	\$341,646.58	\$2,330,811.74
7	2029	24.16	20.56	19.00	\$1,977,127.76	\$98,586.44	\$356,841.34	\$2,432,555.54
8	2030	23.63	20.11	18.59	\$2,064,350.11	\$100,778.76	\$372,711.88	\$2,537,840.75
9	2031	23.12	19.67	18.18	\$2,155,998.72	\$103,019.83	\$389,288.27	\$2,648,306.82
10	2032	22.61	19.25	17.79	\$2,252,261.23	\$105,310.73	\$406,601.90	\$2,764,173.86
11	2033	22.12	18.83	17.40	\$2,351,738.86	\$107,652.59	\$424,685.55	\$2,884,076.99
12	2034	21.64	18.42	17.02	\$2,456,155.75	\$110,046.51	\$443,573.47	\$3,009,775.74
13	2035	21.17	18.02	16.65	\$2,565,718.62	\$112,493.68	\$463,301.43	\$3,141,513.72
14	2036	20.71	17.62	16.29	\$2,680,641.70	\$114,995.26	\$483,906.80	\$3,279,543.76
15	2037	20.26	17.24	15.94	\$2,799,407.23	\$117,552.47	\$505,428.59	\$3,422,388.29
16	2038	19.82	16.87	15.59	\$2,923,907.80	\$120,166.55	\$527,907.56	\$3,571,981.91

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

17	2039	19.39	16.50	15.25	\$3,054,379.29	\$122,838.76	\$551,386.29	\$3,728,604.34
18	2040	18.97	16.14	14.92	\$3,191,066.13	\$125,570.39	\$575,909.24	\$3,892,545.75
19	2041	18.55	15.79	14.59	\$3,332,321.71	\$128,362.76	\$601,522.84	\$4,062,207.32
20	2042	18.15	15.45	14.28	\$3,480,223.72	\$131,217.24	\$628,275.62	\$4,239,716.58
21	2043	17.75	15.11	13.97	\$3,635,041.11	\$134,135.18	\$656,218.22	\$4,425,394.51
22	2044	17.37	14.78	13.66	\$3,797,052.43	\$137,118.02	\$685,403.58	\$4,619,574.03
23	2045	16.99	14.46	13.37	\$3,966,546.22	\$140,167.19	\$715,886.95	\$4,822,600.36
24	2046	16.62	14.15	13.07	\$4,143,821.27	\$143,284.16	\$747,726.08	\$5,034,831.50
25	2047	16.26	13.84	12.79	\$4,329,186.99	\$146,470.45	\$780,981.25	\$5,256,638.69
26	2048	15.91	13.54	12.51	\$4,520,747.72	\$149,727.59	\$815,715.45	\$5,486,190.76
27	2049	15.56	13.24	12.24	\$4,720,952.64	\$153,057.16	\$851,994.45	\$5,726,004.26
28	2050	15.22	12.95	11.97	\$4,930,141.85	\$156,460.78	\$889,886.97	\$5,976,489.60
29	2051	14.89	12.67	11.71	\$5,148,667.42	\$159,940.08	\$929,464.76	\$6,238,072.26
30	2052	14.57	12.40	11.46	\$5,376,893.78	\$163,496.75	\$970,802.77	\$6,511,193.31

BAJA CONGESTIÓN								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Con Proyecto				
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	\$6.28	\$18.64	\$19.47	\$1,059,765.17	\$12,113.10	\$90,564.16	\$1,162,442.43
2	2024	\$6.57	\$19.52	\$20.38	\$1,133,886.04	\$12,684.37	\$96,898.29	\$1,243,468.70
3	2025	\$6.88	\$20.44	\$21.34	\$1,213,191.00	\$13,282.57	\$103,675.44	\$1,330,149.01
4	2026	\$7.21	\$21.41	\$22.35	\$1,298,042.60	\$13,909.00	\$110,926.59	\$1,422,878.19
5	2027	\$7.55	\$22.42	\$23.41	\$1,388,828.81	\$14,564.96	\$118,684.89	\$1,522,078.66
6	2028	\$7.90	\$23.48	\$24.51	\$1,485,964.67	\$15,251.86	\$126,985.81	\$1,628,202.35
7	2029	\$8.28	\$24.58	\$25.66	\$1,589,894.30	\$15,971.16	\$135,867.31	\$1,741,732.77
8	2030	\$8.67	\$25.74	\$26.88	\$1,701,092.86	\$16,724.37	\$145,369.98	\$1,863,187.22
9	2031	\$9.07	\$26.96	\$28.14	\$1,820,068.74	\$17,513.11	\$155,537.28	\$1,993,119.14
10	2032	\$9.50	\$28.23	\$29.47	\$1,947,365.89	\$18,339.05	\$166,415.69	\$2,132,120.64
11	2033	\$9.95	\$29.56	\$30.86	\$2,083,566.32	\$19,203.94	\$178,054.95	\$2,280,825.21
12	2034	\$10.42	\$30.95	\$32.32	\$2,229,292.71	\$20,109.62	\$190,508.26	\$2,439,910.60
13	2035	\$10.91	\$32.41	\$33.84	\$2,385,211.34	\$21,058.01	\$203,832.57	\$2,610,101.93
14	2036	\$11.43	\$33.94	\$35.43	\$2,552,035.05	\$22,051.13	\$218,088.80	\$2,792,174.98
15	2037	\$11.96	\$35.54	\$37.11	\$2,730,526.54	\$23,091.09	\$233,342.11	\$2,986,959.75
16	2038	\$12.53	\$37.22	\$38.86	\$2,921,501.89	\$24,180.09	\$249,662.26	\$3,195,344.24
17	2039	\$13.12	\$38.97	\$40.69	\$3,125,834.21	\$25,320.45	\$267,123.85	\$3,418,278.51
18	2040	\$13.74	\$40.81	\$42.61	\$3,344,457.71	\$26,514.59	\$285,806.72	\$3,656,779.02
19	2041	\$14.39	\$42.74	\$44.62	\$3,578,371.92	\$27,765.05	\$305,796.28	\$3,911,933.26
20	2042	\$15.06	\$44.75	\$46.72	\$3,828,646.29	\$29,074.48	\$327,183.93	\$4,184,904.71
21	2043	\$15.77	\$46.86	\$48.92	\$4,096,425.07	\$30,445.67	\$350,067.46	\$4,476,938.19
22	2044	\$16.52	\$49.07	\$51.23	\$4,382,932.51	\$31,881.52	\$374,551.47	\$4,789,365.50
23	2045	\$17.30	\$51.39	\$53.65	\$4,689,478.53	\$33,385.09	\$400,747.92	\$5,123,611.54
24	2046	\$18.11	\$53.81	\$56.18	\$5,017,464.65	\$34,959.57	\$428,776.57	\$5,481,200.78
25	2047	\$18.97	\$56.35	\$58.83	\$5,368,390.38	\$36,608.30	\$458,765.57	\$5,863,764.25
26	2048	\$19.86	\$59.00	\$61.60	\$5,743,860.17	\$38,334.79	\$490,852.02	\$6,273,046.97

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

27	2049	\$20.80	\$61.79	\$64.51	\$6,145,590.62	\$40,142.70	\$525,182.63	\$6,710,915.95
28	2050	\$21.78	\$64.70	\$67.55	\$6,575,418.45	\$42,035.88	\$561,914.34	\$7,179,368.67
29	2051	\$22.81	\$67.75	\$70.74	\$7,035,308.80	\$44,018.33	\$601,215.11	\$7,680,542.24
30	2052	\$23.88	\$70.95	\$74.07	\$7,527,364.27	\$46,094.29	\$643,264.61	\$8,216,723.16

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/h)				Situación Con Proyecto				
				Valor Tiempo (\$)				
Año	A	B	C	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	29.75	26.81	23.80	\$615,928.43	\$30,243.84	\$109,288.84	\$755,461.12
2	2024	29.10	26.22	23.28	\$643,321.90	\$30,916.39	\$114,149.47	\$788,387.76
3	2025	28.47	25.65	22.77	\$671,933.69	\$31,603.90	\$119,226.28	\$822,763.86
4	2026	27.85	25.09	22.28	\$701,817.99	\$32,306.69	\$124,528.88	\$858,653.55
5	2027	27.24	24.55	21.79	\$733,031.39	\$33,025.11	\$130,067.31	\$896,123.81
6	2028	26.65	24.01	21.32	\$765,633.02	\$33,759.51	\$135,852.06	\$935,244.59
7	2029	26.07	23.49	20.86	\$799,684.60	\$34,510.24	\$141,894.09	\$976,088.93
8	2030	25.50	22.98	20.40	\$835,250.64	\$35,277.66	\$148,204.84	\$1,018,733.14
9	2031	24.95	22.48	19.96	\$872,398.47	\$36,062.15	\$154,796.26	\$1,063,256.88
10	2032	24.40	21.99	19.52	\$911,198.46	\$36,864.08	\$161,680.84	\$1,109,743.38
11	2033	23.87	21.51	19.10	\$951,724.08	\$37,683.85	\$168,871.60	\$1,158,279.53
12	2034	23.35	21.05	18.68	\$994,052.08	\$38,521.84	\$176,382.18	\$1,208,956.10
13	2035	22.85	20.59	18.28	\$1,038,262.62	\$39,378.47	\$184,226.79	\$1,261,867.88
14	2036	22.35	20.14	17.88	\$1,084,439.42	\$40,254.15	\$192,420.29	\$1,317,113.87
15	2037	21.86	19.70	17.49	\$1,132,669.95	\$41,149.31	\$200,978.20	\$1,374,797.45
16	2038	21.39	19.27	17.11	\$1,183,045.53	\$42,064.37	\$209,916.72	\$1,435,026.61
17	2039	20.92	18.85	16.74	\$1,235,661.57	\$42,999.77	\$219,252.78	\$1,497,914.12
18	2040	20.47	18.44	16.37	\$1,290,617.71	\$43,955.98	\$229,004.07	\$1,563,577.75
19	2041	20.02	18.04	16.02	\$1,348,018.02	\$44,933.46	\$239,189.04	\$1,632,140.52
20	2042	19.59	17.65	15.67	\$1,407,971.23	\$45,932.67	\$249,826.99	\$1,703,730.88
21	2043	19.16	17.27	15.33	\$1,470,590.85	\$46,954.10	\$260,938.06	\$1,778,483.01
22	2044	18.74	16.89	14.99	\$1,535,995.49	\$47,998.24	\$272,543.30	\$1,856,537.03
23	2045	18.34	16.52	14.67	\$1,604,309.00	\$49,065.60	\$284,664.69	\$1,938,039.29
24	2046	17.94	16.16	14.35	\$1,675,660.76	\$50,156.70	\$297,325.17	\$2,023,142.63
25	2047	17.55	15.81	14.04	\$1,750,185.90	\$51,272.06	\$310,548.73	\$2,112,006.69
26	2048	17.16	15.47	13.73	\$1,828,025.55	\$52,412.23	\$324,360.41	\$2,204,798.18
27	2049	16.79	15.13	13.43	\$1,909,327.12	\$53,577.74	\$338,786.36	\$2,301,691.23
28	2050	16.43	14.80	13.14	\$1,994,244.59	\$54,769.18	\$353,853.91	\$2,402,867.68
29	2051	16.07	14.48	12.86	\$2,082,938.76	\$55,987.11	\$369,591.59	\$2,508,517.46
30	2052	15.72	14.17	12.58	\$2,175,577.62	\$57,232.13	\$386,029.20	\$2,618,838.95

Fuente: Elaboración propia

V. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Etapa de ejecución.

La Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872 tendrá un costo de \$\$8,333,500.00con IVA, los recursos provendrán del PAD.

Tabla 54 Componentes del proyecto.

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias	
CONCEPTO	IMPORTE
Terracerías	\$9,218,300.18
Estructuras	\$28,103,280.25
Drenaje y subdrenaje	\$4,200,580.93
Pavimentos	\$9,856,800.36
Señalamiento y dispositivos de Seguridad	\$5,669,343.41
Alumbrado publico	\$5,220,000.00
Obras inducidas	\$16,642,257.06
Perforación Dirigida	\$4,169,237.80
Cámaras de Vigilancia	\$255,200.00

Fuente: Elaborado por la junta de Caminos del Estado de México, 2022

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 ya que se procederá a cerrar la circulación del cruce bajo la carretera Toluca- México.

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: ¹³

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

Dónde:

CGV_c es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

CGV₀ es el costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto

¹³ Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met_Carreteras_Parte2.pdf

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Tabla 55. Costos por molestia

		Molestias Anuales (\$)				
		Año	Auto	Autobús	Camión	TOTAL
CGV's Sin Proyecto	0	2022	\$58,243,692.30	\$1,699,093.98	\$6,735,952.78	\$66,678,739.06
CGV's En Construcción	0	2022	\$64,320,817.71	\$1,883,212.27	\$7,453,399.01	\$73,657,429.00
Molestias	0	2022	\$6,077,125.41	\$184,118.29	\$717,446.23	\$6,978,689.93

LONGITUD TOTAL	Tiempo de Ejecución	Monto por molestias
Molestias Anuales	12 Meses	\$6,978,689.93
Molestias Mensuales	1 Mes	\$581,557.49
Alternativa A	5 Meses	\$2,907,787.47
Alternativa B	8 Meses	\$4,652,459.95

Fuente: Elaboración propia

Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación que corresponden a lo siguiente:

Tabla 56 Costos de Mantenimiento

COSTOS DE MANTENIMIENTO					
Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
DATOS					
LONGITUD =				890.00	M
ANCHO =				7.00	M
ÁREA =				6230	M ²
CARPETA ASFÁLTICA					
CONSERVACIÓN RUTINARIA			ANUAL		
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
PUENTE	Limpieza de juntas de dilatación	M	16.00	\$85.00	\$1,360.00
PUENTE	Limpieza de parapetos y banquetas	M2	480.00	\$1.90	\$912.00
CARPETA	Limpieza de sup de rodadura y acotamientos	M2	6230.00	\$2.00	\$12,460.00
CARPETA	Bacheo superficial aislado	M3	21.81	\$6,450.00	\$140,642.25
CARPETA	Señalamiento horizontal	M	2670.00	\$17.00	\$45,390.00
				TOTAL + IVA=	\$232,900.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Riego de Sello)			3 AÑOS		
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
PUENTE	Calafateo de fisuras	M3	6.45	\$6,850.00	\$44,182.50
PUENTE	Reparación de grietas	M3	4.30	\$3,900.00	\$16,770.00
PUENTE	Reposición de sello en juntas de dilatación	M	8.00	\$2,600.00	\$20,800.00
PUENTE	Reparación de parapetos y banquetas	M3	4.50	\$5,350.00	\$24,075.00
CARPETA	Riego de sello	M2	6230.00	\$85.00	\$529,550.00
CARPETA	Señalamiento	M	2670.00	\$17.00	\$45,390.00
				TOTAL + IVA=	\$789,700.00

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV "El Llanito" y obras accesorias sobre la carretera federal México-Toluca cuerpo B, km. 47+872.

CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Sobrecarpeta)		10 AÑOS			
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
CARPETA	Recorte de carpeta asfáltica	M2	6230.00	\$34.80	\$216,804.00
CARPETA	Riego de impregnación	M2	6230.00	\$28.90	\$180,047.00
CARPETA	Carpeta asfáltica	M3	311.50	\$6,200.00	\$1,931,300.00
CARPETA	Riego de sello	M2	6230.00	\$85.00	\$529,550.00
PUENTE	Preposición de juntas de dilatación	M	16.00	\$13,500.00	\$216,000.00
CARPETA	Señalamiento	M	2670.00	\$17.00	\$45,390.00
TOTAL + IVA=				\$3,618,100.00	

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 57 Mantenimiento y conservación considerados para la situación con proyecto

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias				
Mantenimiento Proyecto				
AÑO	Alternativa			TOTAL
	Rutinaria	Conservación Periódica		
	Anual	3 Años	10 Años	
0				
1	\$200,775.86			\$200,775.86
2	\$200,775.86			\$200,775.86
3		\$680,775.86		\$680,775.86
4	\$200,775.86			\$200,775.86
5	\$200,775.86			\$200,775.86
6		\$680,775.86		\$680,775.86
7	\$200,775.86			\$200,775.86
8	\$200,775.86			\$200,775.86
9		\$680,775.86		\$680,775.86
10			\$3,119,051.72	\$3,119,051.72
11	\$200,775.86			\$200,775.86
12		\$680,775.86		\$680,775.86
13	\$200,775.86			\$200,775.86
14	\$200,775.86			\$200,775.86
15		\$680,775.86		\$680,775.86
16	\$200,775.86			\$200,775.86
17	\$200,775.86			\$200,775.86
18		\$680,775.86		\$680,775.86
19	\$200,775.86			\$200,775.86
20			\$3,119,051.72	\$3,119,051.72

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias				
Mantenimiento Proyecto				
AÑO	Alternativa			TOTAL
	Rutinaria	Conservación Periódica		
	Anual	3 Años	10 Años	
21		\$680,775.86		\$680,775.86
22	\$200,775.86			\$200,775.86
23	\$200,775.86			\$200,775.86
24		\$680,775.86		\$680,775.86
25	\$200,775.86			\$200,775.86
26	\$200,775.86			\$200,775.86
27		\$680,775.86		\$680,775.86
28	\$200,775.86			\$200,775.86
29	\$200,775.86			\$200,775.86
30	\$200,775.86			\$200,775.86

Fuente: Elaboración propia

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorros en costo de operación vehicular y (ii) ahorro en tiempo de viaje de los usuarios.

Ahorro en costos totales de operación

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron, en términos monetarios, empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT sobre 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.

El programa simula los efectos de las características físicas y geométricas del camino en las velocidades de operación, el valor promedio de IRI, en consumo de combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, etc., aplica costos unitarios a las cantidades consumidas de recursos y determina costos totales de operación por cada segmento de carretera considerado. Posteriormente se vinculación del TDPA por configuración vehicular obteniendo así los costos totales de operación vehicular para cada tipo de vehículo que transita por el camino.

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en las hojas de cálculo anexas.

El “Costo de Operación Vehicular” (COV) mide en términos monetarios, el consumo que le representa al usuario circular por una vialidad determinada. La unidad con que se expresa es “\$/Km”. Para su cálculo se incluye el consumo 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.

A continuación, se presentan los costos totales de operación vehicular para las situaciones sin y con proyecto, en el primer año óptimo de operación.

Tabla 58 Beneficios en costos de Operación Vehicular

Año	COV		Beneficio total
	Situación sin Proyecto	Situación con proyecto	
0	-	-	-
1	\$38,705,296.84	\$32,747,680.12	\$5,957,616.73
2	\$41,410,803.20	\$35,036,706.70	\$6,374,096.51
3	\$44,303,016.35	\$37,483,733.11	\$6,819,283.25
4	\$47,400,642.42	\$40,104,525.34	\$7,296,117.08
5	\$50,714,494.28	\$42,908,226.54	\$7,806,267.75
6	\$54,259,391.10	\$45,907,447.48	\$8,351,943.62
7	\$58,054,425.30	\$49,118,270.34	\$8,936,154.96
8	\$62,113,080.44	\$52,552,181.25	\$9,560,899.19
9	\$66,456,911.85	\$56,227,339.65	\$10,229,572.20
10	\$71,105,354.75	\$60,160,185.50	\$10,945,169.26
11	\$76,074,940.17	\$64,364,795.26	\$11,710,144.92
12	\$81,391,529.03	\$68,862,960.01	\$12,528,569.02
13	\$87,083,458.46	\$73,678,654.14	\$13,404,804.32
14	\$93,176,441.72	\$78,833,629.36	\$14,342,812.37
15	\$99,687,547.99	\$84,342,433.47	\$15,345,114.52
16	\$106,655,363.13	\$90,237,609.59	\$16,417,753.55
17	\$114,116,786.14	\$96,550,376.95	\$17,566,409.19
18	\$122,099,652.97	\$103,304,280.21	\$18,795,372.76
19	\$130,633,239.28	\$110,524,220.81	\$20,109,018.47
20	\$139,767,345.72	\$118,252,210.95	\$21,515,134.77
21	\$149,542,969.91	\$126,522,935.20	\$23,020,034.71
22	\$160,003,809.77	\$135,373,362.79	\$24,630,446.97
23	\$171,196,435.82	\$144,842,893.44	\$26,353,542.38
24	\$183,170,474.20	\$154,973,512.17	\$28,196,962.03
25	\$195,978,801.06	\$165,809,953.86	\$30,168,847.21
26	\$209,678,221.68	\$177,400,470.38	\$32,277,751.30
27	\$224,337,553.76	\$189,803,115.63	\$34,534,438.13
28	\$240,022,024.25	\$203,073,076.73	\$36,948,947.52
29	\$256,801,139.31	\$217,269,161.73	\$39,531,977.57
30	\$274,759,563.64	\$232,463,010.60	\$42,296,553.04

Fuente: Elaboración propia con datos de la evaluación.

La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel perfil, utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y costos de obra a partir de precios índice, bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto se considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento, buen estado físico del señalamiento horizontal y una tasa de crecimiento del tránsito de 2.18% anual durante el periodo de análisis.
- En la situación con proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en la descripción del proyecto. Incluye costos por molestias a los usuarios ya que en tránsito urbano es muy difícil evitarlos.

Ahorro en tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto. En ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Cuadro 2 del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2022, del IMT. De acuerdo con estudios realizados por el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$54.89 y por motivo de placer de \$32.94 pesos por hora, actualizado a 2022. Con base en información obtenida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 97.1% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 2.9% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

En dicha publicación, para calcular el valor económico del tiempo de los usuarios, se hace intervenir al salario mínimo, el promedio del número de horas trabajadas por semana por la población ocupada y el ingreso de la población, así como el número de miembros de la familia con aportación al ingreso familiar.

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, multiplicado por el total de días al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios del proyecto

Tabla 59 Beneficios en Valor del Tiempo

Año	Valor tiempo		Beneficio total
	Situación sin Proyecto	Situación con proyecto	
0	-	-	-
1	\$27,973,442.22	\$22,317,654.76	\$5,655,787.46
2	\$29,214,040.67	\$23,307,423.83	\$5,906,616.84
3	\$30,508,291.23	\$24,339,997.40	\$6,168,293.83

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

4	\$31,861,941.90	\$25,419,961.32	\$6,441,980.58
5	\$33,275,455.92	\$26,547,685.17	\$6,727,770.75
6	\$34,751,446.97	\$27,725,254.18	\$7,026,192.79
7	\$36,294,238.68	\$28,956,117.82	\$7,338,120.87
8	\$37,904,670.74	\$30,240,945.99	\$7,663,724.75
9	\$39,587,340.14	\$31,583,406.25	\$8,003,933.88
10	\$41,345,159.55	\$32,985,822.39	\$8,359,337.16
11	\$43,179,153.12	\$34,449,011.48	\$8,730,141.64
12	\$45,094,362.85	\$35,976,996.10	\$9,117,366.75
13	\$47,096,382.42	\$37,574,238.98	\$9,522,143.43
14	\$49,188,736.13	\$39,243,551.87	\$9,945,184.25
15	\$51,370,447.34	\$40,984,155.60	\$10,386,291.74
16	\$53,649,735.41	\$42,802,607.68	\$10,847,127.73
17	\$56,033,089.78	\$44,704,085.50	\$11,329,004.28
18	\$58,522,135.60	\$46,689,885.63	\$11,832,249.97
19	\$61,118,720.30	\$48,761,481.99	\$12,357,238.31
20	\$63,832,242.07	\$50,926,372.59	\$12,905,869.49
21	\$66,667,428.37	\$53,188,329.07	\$13,479,099.30
22	\$69,629,183.09	\$55,551,263.84	\$14,077,919.25
23	\$72,722,592.92	\$58,019,235.14	\$14,703,357.78
24	\$75,952,933.80	\$60,596,452.20	\$15,356,481.60
25	\$79,325,677.78	\$63,287,280.71	\$16,038,397.07
26	\$82,846,845.41	\$66,096,523.95	\$16,750,321.46
27	\$86,525,184.59	\$69,031,161.14	\$17,494,023.45
28	\$90,367,012.04	\$72,096,231.86	\$18,270,780.18
29	\$94,378,879.59	\$75,296,963.26	\$19,081,916.33
30	\$98,570,992.91	\$78,641,497.59	\$19,929,495.32

Fuente: Elaboración propia con datos de la evaluación.

Beneficios indirectos no monetizados en la evaluación socioeconómica:

Los efectos indirectos del ahorro de los GCV se pueden mencionar entre los más representativos:

- A. Reducción de la contaminación atmosférica En los últimos años el nivel promedio de contaminación del aire en la ZMVM se ha mantenido por arriba de los niveles satisfactorios de IMECA. Acciones como las resultantes del proyecto contribuyen a reducir la concentración de partículas contaminantes suspendidas en la atmósfera altamente nociva para la salud humana y el ecosistema. Los principales generadores de estas partículas son los vehículos de combustión interna, el consumo de gasolina y diésel producen monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxido de nitrógeno (NO) y bióxido de azufre, entre otros contaminantes responsables de afecciones que van desde irritación nasal y bronquitis crónica hasta edema pulmonar, depresión del sistema inmunológico y tumores cancerígenos. Este tipo de emisiones son causante de los efectos de Gases Efecto Invernadero –GEI-responsables del efecto del cambio climático.
- B. El proyecto también contribuirá a reducir la contaminación auditiva. Esta problemática se define como la producción de ruidos no deseados que se lanzan al aire y ponen en riesgo la salud

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

humana, ya que afecta de manera considerable la salud mental y fisiológica de las personas. Los efectos de esta problemática van desde la disminución o pérdida de la capacidad auditiva, hasta enfermedades fisiológicas y psicológicas que afectan el equilibrio, el sistema nervioso, el sueño y, por supuesto, con repercusiones en el rendimiento laboral. Los daños que el ruido excesivo del tráfico vehicular produce al organismo, se ha comprobado que la exposición prolongada a sonidos de más de 90 decibeles provoca irritabilidad, daña las células auditivas, eleva la presión arterial, entre otros efectos. La concentración de contaminantes auditivos y atmosféricos durante periodos prolongados de exposición es un factor de riesgo para la salud humana.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

La evaluación económica es fundamental para justificar los proyectos de infraestructura vial, ya que los recursos disponibles para la inversión son limitados. Por lo tanto, la evaluación económica es una herramienta para la toma de decisiones, ya que determina si un proyecto es aceptable o no desde el punto de vista económico.

Para lograr este punto, se realiza a través del cálculo de indicadores de rentabilidad, el cual se basa en el horizonte de evaluación del proyecto, en este caso a 30 años. De esta manera, se analizan los beneficios que generarían el proyecto y sus costos asociados, Dichos indicadores son: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$112,549,494.41
Tasa interna de retorno (TIR)	20.65%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	15.89%

Dado que el VPN es mayor a cero, entonces los beneficios son mayores que los costos y, por tanto, el proyecto es rentable. Por otra parte, la TIR asociada al proyecto es de 20.65%, la cual es mayor que la tasa social de descuento, indicando que es rentable. La TRI es mayor a la tasa social de descuento, entonces se concluye que el año óptimo de operación del proyecto de inmediato.

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 3 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 en mayor o menor a fin de decidir adecuadamente en el tamaño óptimo o la posible postergación.

El análisis de sensibilidad arrojó los siguientes resultados:

Tabla 60 Análisis de Sensibilidad

Construcción PIV "El Llanito" y obras complementarias					
Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI mol	
Inversión	-60.0%	\$155,653,804.76	41.54%	39.72%	Proyecto
	-50.0%	\$148,469,753.03	34.90%	31.77%	
	-40.0%	\$141,285,701.31	30.32%	26.48%	
	-30.0%	\$134,101,649.58	26.96%	22.69%	
	-20.0%	\$126,917,597.86	24.38%	19.86%	
	-10.0%	\$119,733,546.14	22.33%	17.65%	
	0.00%	\$112,549,494.41	20.65%	15.89%	
	+25.0%	\$94,589,365.10	17.50%	12.71%	
	+50.0%	\$76,629,235.79	15.28%	10.59%	
	+58.8%	\$70,307,270.27	14.63%	10.00%	
	+150.0%	\$4,788,718.55	10.22%	6.35%	
	+156.7%	\$0.00	10.00%	6.19%	
+157.0%	-\$240,117.66	9.99%	6.18%		
Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI mol	
Mantenimiento	-60.0%	\$115,424,177.55	20.92%	16.05%	Proyecto
	-50.0%	\$114,945,063.69	20.87%	16.03%	
	-40.0%	\$114,465,949.84	20.83%	16.00%	
	-30.0%	\$113,986,835.98	20.78%	15.97%	
	-20.0%	\$113,507,722.12	20.74%	15.94%	
	-10.0%	\$113,028,608.27	20.69%	15.91%	
	0.00%	\$112,549,494.41	20.65%	15.89%	
	+900.0%	\$69,429,247.39	16.55%	13.37%	
	+1900.0%	\$21,517,861.80	11.99%	10.58%	
	+2106.1%	\$11,642,066.05	11.07%	10.00%	
	+2150.0%	\$9,540,015.41	10.87%	9.88%	
	+2349.1%	\$0.00	10.00%	9.32%	
+2350.0%	-\$42,261.71	10.00%	9.32%		

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI mol	
Demanda	-59.0%	-\$ 782,978.82	9.91%	6.35%	
	-58.6%	\$0.00	10.00%	6.41%	
	-40.0%	\$ 35,713,919.34	13.74%	9.42%	
	-36.4%	\$ 42,607,660.44	14.40%	10.00%	
	-30.0%	\$ 54,922,813.11	15.56%	11.04%	
	-15.0%	\$ 83,736,153.76	18.15%	13.46%	
	0.00%	\$ 112,549,494.41	20.65%	15.89%	Proyecto
	+10.0%	\$ 131,758,388.18	22.27%	17.50%	
	+20.0%	\$ 150,967,281.95	23.88%	19.12%	
	+30.0%	\$ 170,176,175.72	25.47%	20.74%	
	+40.0%	\$ 189,385,069.49	27.06%	22.35%	
	+50.0%	\$ 208,593,963.25	28.63%	23.97%	
	+60.0%	\$ 227,802,857.02	30.20%	25.59%	

Fuente: Elaboración propia

El proyecto es rentable si el costo de la inversión se incrementa hasta en un 58.8%, después de lo cual deja de ser rentable. Si la demanda disminuye más del 36%, el proyecto deja de ser rentable debido a que el rendimiento del VPN disminuye considerablemente.

e) Análisis de riesgos

Los principales riesgos asociados al proyecto son: el retraso en la entrega de las obras debido a fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar el costo de los materiales y su tiempo de ejecución.

Descripción	Impacto
El principal riesgo es el de la disponibilidad del total de los recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto.	Atraso en los tiempos de entrega de la obra
Disminución en la demanda a causa de las condiciones actuales de la carretera, así mismo, retrasos en la entrega de las obras por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Falta de continuidad estratégica del proyecto
Por otro lado, retraso en los tiempos de ejecución y entrega del proyecto por cuestiones ligadas directamente al contratista.	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.

Fuente: Elaboración propia.

VI. Conclusiones y Recomendaciones

La Construcción de Paso Inferior Vehicular El Llanito sobre la carretera Toluca- México, en los límites territoriales de Lerma y Ocoyoacac **es factible** desde el punto de vista económico, ya que representan significativos ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación de los sistemas de transporte motorizado privado y público, así como también el autotransporte, lo que comparativamente con la inversión requerida, acredita la rentabilidad del proyecto.

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 su destino, con el objetivo de mejorar sustancialmente el nivel de servicio vial ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona, potencializar el desarrollo económico de la zona y al disminuir el costo de los transportes a elevar el nivel de vida de la población, eleva los índices de seguridad y mejorar los niveles de movilidad motorizada.

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 tendría 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 realización del PIV la operación de la vialidad se verá beneficiada también en los siguientes aspectos:

- Hacer más fluido el tránsito vehicular.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Reducción de los costos totales de operación de los vehículos que transitan la zona.
- Reducción de la pérdida de horas hombre.
- Reducción de la contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.
- Mejorar los niveles de servicio.

El proyecto registra una serie de indicadores positivos como una Tasa Interna de Retorno Social equivalente al 20.65%, un Tasa de Retorno Inmediato de 15.89%, lo cual registra un indicador Superior a la tasa mínima aceptable para proyectos sociales del 10%. El Valor Presente Neto Social del proyecto asciende a 112 millones. La tasa de retorno inmediato indica que el proyecto es compatible con el momento óptimo para iniciar la inversión.

Al igual que cualquier proyecto de infraestructura, el proyecto corre el riesgo de obra inconclusa o bien de deficiente calidad, ya sea por incumplimiento del contratista o bien por insuficiencia de recursos financieros, bajo este escenario, los ahorros proyectados no alcanzarían a generarse. Un riesgo mayor puede consistir en un incremento de los costos relativos con las rehabilitaciones de las obras en general, ya que resulta difícil prever las condiciones de las instalaciones con significativa antigüedad y bajo un contexto densamente poblado. El riesgo de un inadecuado programa de mantenimiento puede llegar a reducir los flujos de beneficios esperados además de incrementar los costos operativos, lo cual implicaría un detrimento en la eficiencia operativa.

Estudios Socioeconómico

Construcción de obras complementarias para la construcción de PIV “El Llanito” y obras accesorias sobre la carretera federal México–Toluca cuerpo B, km. 47+872.

Los riesgos antes mencionados estuvieron latentes en otras obras viales implantadas a cargo de la Junta de Caminos del Gobierno del Estado de México y en su caso fueron mitigados cada uno de ellos. En este sentido, la experiencia operativa, técnica y presupuestal experimentada en otras obras de infraestructura por parte del propio Gobierno del Estado de México sin duda puede capitalizarse para mitigar riesgos potenciales del proyecto que se pretende implantar en esta vialidad.

Finalmente, un riesgo mayor del proyecto consiste en una caída en la demanda esperada –TDPA-, ya que en dicho escenario de la rentabilidad social podrían afectarse negativamente; sin embargo, los estudios de demanda, la vinculación de las vialidades rutas con los patrones de origen-destino es una variable que brinda una mayor certidumbre sobre la factibilidad de la demanda.

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:

- 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%**)

Además

- La obra brindará beneficios a toda la comunidad de los municipios de Lerma y Ocoyoacac, así como a la zona metropolitana del Valle de Toluca.
- El PIV 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. 195 enero-febrero 2022, Artículo 1. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2022.

Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2021 IMT
Publicación técnica no 653.

Libro de datos viales SCT 2012-2021 <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.

Responsables de la Información

Ramo: Movilidad y Comunicaciones

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. Ricardo Alan Pérez Reyna	Director de Infraestructura Carretera		18/11/2022

Versión	Fecha
1.0	18/11/2022

*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.