

Análisis Costo-Beneficio¹

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"



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

Contenido

I. RESUMEN EJECUTIVO	3
Nombre del Proyecto de Inversión	3
Localización del PPI	3
Problemática Identificada	4
Objetivo del Proyecto	4
Descripción de los principales Costos	6
Descripción de los principales Beneficios	7
Indicadores de Rentabilidad	7
Riesgos Asociados	7
Conclusión del Análisis:.....	8
II. SITUACIÓN ACTUAL	9
A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	9
C) ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL.....	15
E) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	19
G) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA- DEMANDA	21
III. SITUACIÓN SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN	27
A) OPTIMIZACIONES.....	27
C) ANÁLISIS DE LA OFERTA	29
D) ANÁLISIS DE LA DEMANDA	30
E) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA- DEMANDA	38
G) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	53
IV. SITUACIÓN CON EL PROYECTO.....	68
A) DESCRIPCIÓN GENERAL	68
B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA.....	78
C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	79
D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES.....	82
E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN.....	84
I) FINANCIAMIENTO	95
J) CAPACIDAD INSTALADA	95
K) METAS DEL PROYECTO.....	97
L) VIDA ÚTIL.....	97
M) ASPECTOS MÁS RELEVANTES.....	97
N) ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO	98
O) ANÁLISIS DE LA DEMANDA CON PROYECTO.....	100
P) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA- DEMANDA CON PROYECTO	106
V. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	118
A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	118
C) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	139
D) CALCULO DE INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	142
E) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	147
F) ANÁLISIS DE RIESGOS.....	148
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	155

I. Resumen Ejecutivo

Nombre del Proyecto de Inversión

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Localización del PPI

El proyecto "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" se ubica en el municipio de Teoloyucan, perteneciente a la región XIV Tepetzotlán en el Estado de México.

Particularmente el tramo a ampliar se encuentra referenciado por las siguientes coordenadas:

*Inicio: 19.743628°, -99.178165°

*Fin: 19.751632°, -99.177106°

Ilustración 1 Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con Google

Problemática Identificada

El camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco representa una vía de movilidad importante dentro del municipio de Teoloyucan, ya que conecta a habitantes de corto y largo itinerario. Principalmente, comunica a los habitantes del municipio de Teoloyucan con los municipios colindantes como Huehuetoca y Tepetzotlán. Además, el camino se intersecta con la carretera México - Querétaro permitiendo el acceso y salida de usuarios de largo itinerario.

Actualmente, el camino Cuautitlán – Apaxco opera con cuatro carriles de circulación (dos por sentido) y con un puente superior vehicular a la altura de las vías del FFCC México – Querétaro, el cual cuenta con dos carriles de circulación de 3.50 metros de ancho cada uno en promedio, cada uno opera para un sentido de circulación. Sin embargo, la carpeta asfáltica del mismo presenta mal estado al encontrarse agrietada y con deformaciones.

En este punto del camino Cuautitlán – Apaxco se identifica la problemática, ya que existe congestión al reducir la sección transversal del mismo a dos carriles sobre el puente vehicular, siendo que anterior a este la calzada opera con 4 carriles de circulación (dos por sentido). Por lo tal motivo, se genera un cuello de botella provocando congestión en la zona. Aunado a esto, recibe tránsito vehicular de la carretera México – Querétaro, generando mayor demanda y, por lo tanto, mayor congestión en horas pico.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la operación de dicha vía se ve afectada al generar bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje que provocan en gran medida incomodidad e inseguridad a los habitantes de la zona y usuarios que circulan sobre el camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco.

En ese sentido, se ha determinado la necesidad de realizar un proyecto que resuelva este problema, por lo que se contempla llevar a cabo la ampliación del camino en el puente vehicular en su acceso y salida del mismo a partir de la construcción de un PSV sobre las vías FFCC México – Querétaro y de esta forma brindar un mejor servicio a los usuarios de esta vialidad.

Objetivo del Proyecto

Se pretende construir el PSV del camino No. 781 Cuautitlán - Apaxco sobre las vías del FFCC México – Querétaro en el municipio de Teoloyucan con el objeto de ampliar la sección a 4 carriles, esto consistente en un segundo cuerpo paralelo al puente FFCC Teoloyucan el cual cumplirá la función de llevar un solo sentido de circulación sobre dos carriles para así dar continuidad vehicular y evitar el embotellamiento generado actualmente por el exceso de tránsito que rebasa los límites del actual puente FFCC Teoloyucan que aloja dos sentidos de circulación con un carril para cada uno. Además, con estos trabajos se mejorará el estado de la carpeta asfáltica erradicando los baches y grietas de la misma. De esta forma se brindará un mejor servicio de movilidad, permitiendo un mejor intercambio de servicios

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

entre los municipios colindantes (Huehuetoca y Tepetzotlán), trayendo consigo un crecimiento y desarrollo económico de la zona.

De acuerdo a lo anterior, se determina que los objetivos principales son los mencionados a continuación:

- *Aumentar la velocidad de recorrido de los usuarios
- *Disminuir los tiempos de traslado
- *Reducir los costos generalizados de viaje

Por lo tanto, el presente estudio busca la factibilidad socioeconómica de llevar a cabo el proyecto denominado "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" y de esta manera ofrecer una mejor conexión entre dichos municipios permitiendo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

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

Breve descripción del PPI

Actualmente el PSV sobre vías del FFCC México del camino No.781 Cuautitlán – Apaxco cuenta con dos carriles de circulación, cada carril opera por sentido de circulación en dirección norte-sur y sur-norte. El camino en mención opera con 4 carriles de circulación (dos por sentido). Sin embargo, a la altura del PSV la sección se reduce a dos carriles de circulación (uno por sentido), lo cual provoca un embudo y congestionamiento en las horas pico. Por lo tanto, el presente proyecto consiste en ampliar la sección mediante la construcción de un PSV que permita mantener la capacidad de 4 carriles de circulación (dos por sentido) y mantener la movilidad eficaz y fluida de los usuarios.

El presente proyecto contempla dos estribos y 15 apoyos con claros de 20 a 28 m entre apoyos con una longitud del puente de 362 m. La estructura del puente superior vehicular es a base de pila – columna, cabezal para apoyo de bancos, traveses de concreto tipo AASHTO y losa de concreto armado con sección de 7 metros de ancho y 3.50 metros de ancho por carril de circulación.

En total se trabajarán 1,000 metros de longitud ya que es necesario implementar señalamiento horizontal y vertical antes y después del PSV. La ampliación tendrá una estructura de pavimento consistente en subbase, base hidráulica y carpeta asfáltica. Además, se construirán banquetas y guarniciones para resguardar la seguridad de los

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

peatones. Se implementarán obras de drenaje consistentes en pozos de visitas, tubería y registros de agua pluvial con la finalidad de transportar el agua pluvial a zonas donde no dañe el pavimento.

Se pintará señalamiento horizontal para delimitar la circulación de los usuarios, así como, mejorar la visibilidad de la geometría del camino y se colocará señalamiento vertical para informar, prevenir y prohibir a los usuarios sobre restricciones o información sobre objetos y destinos a lo largo del camino.

Es de suma importancia llevar a cabo estos trabajos para permitir la circulación, fluida y segura de los usuarios que viajan de corto o largo itinerario.

Al llevar a cabo estos trabajos, se obtendrá una vialidad ampliada a dos carriles por cada sentido de circulación y se evitarán bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje. Por lo que, los usuarios transitarán de forma cómoda, fluida, eficaz y segura a través del camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco.

Descripción de los principales Costos

Los costos del proyecto corresponden a todos los trabajos de obra relacionados a la Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México – Querétaro, así como a la etapa de mantenimiento durante los 50 años de vida útil del proyecto, así como los costos por molesta que presentará dicho camino durante el tiempo de su construcción, esto con el objeto de contar con todos los elementos de la infraestructura vial en óptimas condiciones.

A continuación, se enlistan los diferentes costos que interfieren en la “Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan”

- **Monto de Inversión**

*Terracerías	\$2,581,378.50
*Estructuras	\$58,245,095.80
*Obras de drenaje y su drenaje	\$871,750.00
*Pavimentos	\$8,198,913.00
*Señalamiento	\$422,631.00
*Señalamiento para protección de obra	\$1,416,178.25
*Obras inducidas	\$191,850.00
*Alumbrado publico	\$2,479,100.00

Subtotal	\$74,406,896.55
IVA	\$11,905,103.45
Total	\$86,312,000.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

*Mantenimiento rutinario (anual)	\$90,600.00
*Mantenimiento periódico (cada 3 años)	\$1,074,800.00
*Rehabilitación (cada 10 años)	\$1,594,400.00
*Reconstrucción (cada 20 años)	\$2,761,200.00

- **Costos por molestia**

*Costo por molestia anual - \$13,973,449.04

Descripción de los principales Beneficios

Con la "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" se perfeccionarán las condiciones de traslado en la zona de influencia, por lo que se ofrecerán ventajas principales para el usuario que consisten en:

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

Indicadores de Rentabilidad

Valor Presente Neto VPN	\$137,094,725.71
Tasa Interna de Retorno TIR	18.43%
Tasa de Rendimiento Inmediata TRI	15.60%
B/C	2.55

Riesgos Asociados

Existen varios factores de riesgo que pueden afectar el proyecto, ya sea retrasando o modificando el cumplimiento de las metas y el desarrollo de la estrategia elaborada. Uno de los principales riesgos es la disponibilidad total de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto, ya que en caso de haber retrasos se obligaría a postergar algunos trabajos, cuya atención a futuro representaría un mayor gasto.

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

Conclusión del Análisis:

La evaluación socioeconómica del proyecto "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" indica que se trata de una obra de infraestructura económicamente rentable, ya que presenta mejoras significativas a la transitabilidad de los usuarios, ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular en comparación con la inversión requerida. Además, mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario, al garantizar una circulación rápida, fluida y segura de los vehículos.

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

De forma directa:

- Disminuir costos generalizados de viaje
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.
- Aumentar la velocidad de recorrido de los usuarios

E indirectamente:

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

II. Situación Actual

a) Diagnóstico de la Situación Actual

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

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

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

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

En particular el proyecto **"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"** se desarrolla en el municipio de Teoloyucan dentro de su cabecera municipal.

Teoloyucan pertenece a la región XIV (Tepetzotlán) y se localiza al norte de la CDMX, al noreste del Estado de México, lo integran los municipios de Coyotepec (41,810 Hab. y sup. de 49.32 Km²), Tepetzotlán (94 198 Hab. y sup. 187.82 km²), Tonanitla (9,728 hab. y sup. de 17.107 km²), Teoloyucan (66,518 hab. y sup. 53.04 km²), Jaltenco, (27,825 hab. Y sup, de 4.73 km²), Melchor Ocampo (57,152 hab. Y sup. de 17.78 km²), y Nextlalpan (39,666 hab. y sup. de 54.51 km²).



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

Teoloyucan, se localiza entre las coordenadas geográficas extremas: en mínimas 99°12'59.73" O y 19°43'13.57" N y en máximas 99°08'18.44" O y 19°47'44.20" N; altitud de 2,270 metros sobre el nivel del mar (msnm). Colinda al norte con los municipios de Coyotepec y Zumpango; Al sur con los municipios de Tepotzotlán, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán y Melchor Ocampo. Al oriente con los municipios de Jaltenco y Melchor Ocampo; y al poniente con los municipios de Coyotepec y Tepotzotlán.

El municipio de Teoloyucan se integra a su región mediante una red carretera primaria formada por:²

*Carretera Ánimas-Coyotepec

*Carretera Teoloyucan-Cuautitlán

***Carretera Teoloyucan-Huehuetoca (Cabe mencionar que de acuerdo a la Gaceta del gobierno no. 103 Infraestructura vial primaria libre de peaje esta carretera corresponde al camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco. Sin embargo, en el mapa digital de INEGI, una parte del lleva por nombre 5 de mayo y otra calle a Huehuetoca)**

*Av. Zumpango

*Av. Reforma-Av. Chapultepec-Av. del Sol-Carretera a Lumbreras

*Carretera Cuautitlán-Zumpango

Además, las instalaciones ferroviarias cruzan el municipio en rutas hacia Pachuca, Querétaro, Ciudad Juárez y Nuevo Laredo. El tendido de líneas férreas al interior de Teoloyucan alcanza poco más de cuatro kilómetros y su trayecto es “de paso”.

² Plan Municipal de Teoloyucan 2019-2021

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

*Inicio: 19.743628°, -99.178165°

*Fin: 19.751632°, -99.177106°

Ilustración 3 Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con Google

El camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco representa una vía principal de comunicación del municipio de Teoloyucan ya que conecta y da entrada con parte de la cabecera municipal del municipio la cual aloja centros de salud, escuelas, comercios y centros recreativos. Además, frecuentemente circulan vehículos pesados ya que conecta con la zona industrial de Huehuetoca. Por lo tanto, habitantes de corto y largo itinerario utilizan esta avenida para trasladarse a sus destinos.

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

Lo anterior debido a que existe congestión al reducir la sección transversal del mismo a dos carriles, siendo que el camino No. 781 Cuautitlán - Apaxco opera con 4 carriles de circulación (dos por sentido). Generando un cuello de botella en la entrada del PSV sobre las vías del FFCC México – Querétaro ya que la sección se reduce a dos carriles de

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

circulación, lo cual provoca congestión en la zona. Aunado a esto, recibe tránsito vehicular de la carretera México – Querétaro, generando mayor demanda y, por lo tanto, mayor congestión en horas pico.

El puente vehicular cuenta con una sección de 7 metros de ancho y aloja dos carriles de circulación (uno por sentido) de 3.50 metros de ancho. Este opera para ambas direcciones de circulación, es decir de Norte a Sur y de Sur a Norte. Además, cuenta con una superficie de carpeta asfáltica representada por un IRI de 7 mm/m.

En cuanto a estructuras la avenida cuenta con banquetas y guarniciones en tramos aislados en ambos lados de la corona en condiciones regulares, ya que el concreto hidráulico se encuentra agrietado y con desconchaduras.

El señalamiento horizontal no es visible ocasionando que los usuarios no tengan la visibilidad correcta de la geometría del camino. No cuenta con señalamiento vertical que permita delimitar y restringir la circulación de los usuarios.

Esto en conjunto ocasiona serios problemas a los usuarios que transitan sobre el camino Cuautitlán – Apaxco, debido a que deben circular con bajas velocidades, altos tiempos de traslado y altos costos generalizados de viaje.

Cabe mencionar que de no llevar a cabo un proyecto que elimine la problemática los usuarios circularán con inseguridad, incomodidad y molestias a sus destinos, ya que con el paso del tiempo el incremento de la demanda ocasionará mayor congestión y elevados retrasos de tiempo principalmente.

Los habitantes perjudicados se encuentran dentro del municipio de teoloyucan:

Tabla 1 Localidades perjudicadas

Habitantes perjudicados					
Municipio	Localidad	Grado de marginación	2005	2010	Tasa de Crecimiento
Teoloyucan	Cab. Municipal	Muy bajo	54,202	51,255	-5.437%
Total			54,202	51,255	-5.437%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el crecimiento de la población del 2005 al 2010 es negativo, esto quiere decir que la población sufrió un decremento a lo largo de 5 años con un valor porcentual del -5.437%. Por lo tanto, anualmente se cuenta con un decremento del -1.087%

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Por lo tanto, se tiene la necesidad de llevar a cabo un proyecto que evite aumentar la problemática (bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje) a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se pretende llevar a cabo la "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Ilustración 4 fotografías actuales del camino



Puente superior vehicular sobre las vías del FFCC México-Querétaro



Se observa que el PSV opera con dos carriles de circulación (uno por sentido)

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"



Se observan grietas en la banqueta y parapeto



Se observan las vías del FFCC México-Querétaro

Fuente: fotografía tomada en campo



Se observa que el camino Cuautitlán – Apaxco cuenta con 4 carriles de circulación (dos por sentido) en dirección norte – sur y sur - norte

El camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco es uno de los principales medios de comunicación para los habitantes del municipio de Teoloyucan principalmente ya que permite la conexión de industrias, negocios particulares, escuelas, entre otros. Derivado de la industria encontrada, se tiene un sistema transitado por todo tipo de vehículos.

De acuerdo a las fotografías presentadas se observa que el señalamiento horizontal no es visible y la carpeta asfáltica se encuentra desgastada.

b) Análisis de la Oferta Actual

El camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco representa una vía de movilidad importante dentro del municipio de Teoloyucan, ya que conecta a habitantes de corto y largo itinerario. Sin embargo, el congestionamiento generado en PSV impide su operación correcta al generarse un cuello de botella y perjudicando a los usuarios con altos tiempos de traslado.

De acuerdo a las fotografías presentadas el índice de rugosidad internacional (IRI) del área en estudio observado es de 7 mm/m. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

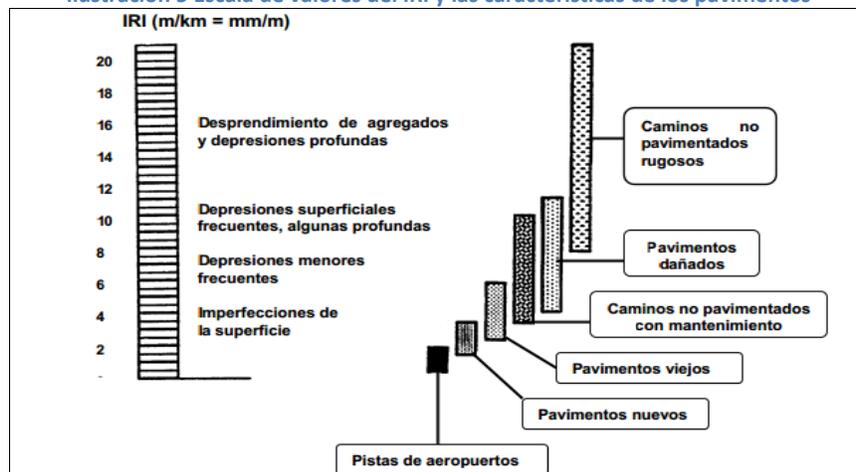
"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

longitud del mismo, su unidad de medida es m/km o mm/m. En la siguiente figura se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2m o 3m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquél que es mayor al 95% de las observaciones, e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IIR, en m/km:

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

$IRI (m/km) = 0.437 DMR2$; DMR2 = 95 percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2m de largo"³

Ilustración 5 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.

³Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2012; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Nivel de servicio

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

De acuerdo a esto, el nivel de Servicio Carretero del camino Cuautitlán – Apaxco es un tipo de servicio Tipo D.

Tabla 2 Nivel de Servicio de carreteras

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

En resumen, se cuenta con las siguientes características físicas y geométricas:

Tabla 3 Características físicas y geométricas del PSV sobre vías del FFCC México-Querétaro

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE VEHICULAR	
Longitud a intervenir del tramo (km)	1.00 km
Longitud del PSV	362 m
Municipio (s)	Teoloyucan
Localidad (es)	Cabecera municipal de Teoloyucan
Tipo de terreno	Plano
Numero de cuerpos del PSV	1
Sentidos de circulación en el PSV	2
Camellón	Inexistente
Ancho de calzada (m) del PSV	7 metros de ancho sobre el puente vehicular
Número de carriles del PSV	2 (uno por sentido de circulación)
Ancho promedio de carril (m) del PSV	3.50 metros
Acotamientos	Inexistentes
Ancho de los acotamientos:	-
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en mal estado
Índice de rugosidad (m/km)	7 mm/m
Obras de drenaje	Existentes en condiciones regulares
Condiciones de señalamiento	No visible
Pendiente media ascendente (%)	2.5%
Pendiente media descendente (%)	-2.7%
Proporción de viaje ascendente (%)	43.5%
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2252 msnm
Curvatura horizontal máx. (grados)	137.96°
Nivel de Servicio	D

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

c) Análisis de la Demanda Actual

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

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

Ilustración 6 Composición vehicular de acuerdo a la SCT

A	
B	
C2	
C3	
T3S2	
T3S3	
T3S2-R4	
OTRO	

1. Transito Diario Promedio Anual

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

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

Tabla 4 TDPA proyecto

HORAS DE DEMANDA	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	1,6416
MEDIA CONGESTIÓN	5,736
BAJA CONGESTIÓN	1,028
TOTAL	23,180

Fuente: Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México
Véase Anexo IV. Estudio de transito

2. Composición vehicular

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

Tabla 5 Composición vehicular

	A	B	C	TOTAL
ALTA CONGESTIÓN	91.36%	0.48%	8.16%	100.00%
MEDIA CONGESTIÓN	92.92%	0.56%	6.52%	100.00%
BAJA CONGESTIÓN	87.59%	0.72%	11.69%	100.00%

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

3. Periodización

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

Tabla 6 Periodicidad

Horas de demanda	Horas al día	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	12	16,416
MEDIA CONGESTIÓN	6	5,736
BAJA CONGESTIÓN	6	1,028
ALTA CONGESTIÓN	24	23,180

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

4. Tasa de ocupación vehicular

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

Tabla 7 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

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

e) Diagnóstico de la Interacción De La Oferta- Demanda

Como se mencionó anteriormente, el elevado flujo de tránsito genera retrasos de tiempo y congestión en horas pico; debido a que la oferta (un carril por sentido de circulación) del camino no da abasto para el tránsito fluido generado al reducir la sección transversal derivado de disminuir la capacidad de 4 a 2 carriles de circulación. Además, el camino presenta mal estado actualmente, ya que la carpeta asfáltica cuenta con un IRI de 7 mm/m al presentar mal estado.

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

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

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

1. Velocidad y Tiempo de Recorrido

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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).

Tabla 8 Velocidades en situación actual del Camino

Baja Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	73.47	69.23	67.92
Vel. Prom (km/hr)	70.21		
Tiempo de recorrido	00:00:49	00:00:52	00:00:53

Media Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	61.02	58.06	42.86
Vel. Prom (km/hr)	53.98		
Tiempo de recorrido	00:00:59	00:01:02	00:01:24

Alta Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	42.35	40.00	39.56
Vel. Prom (km/hr)	40.64		
Tiempo de recorrido	00:01:25	00:01:30	00:01:31

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

Véase Anexo V. Estudio de Velocidades

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

2. Costos de Operación Vehicular

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

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

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

Tabla 9 Costos de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo

Baja Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Vel. Prom (km/hr)	70.21		
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 6,447.96	\$ 17,803.93	\$ 12,503.99
COV (\$/km)/vehículo	\$ 6.45	\$ 17.80	\$ 12.50

Media Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Vel. Prom (km/hr)	53.98		
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 6,620.66	\$ 17,985.22	\$ 13,119.74
COV (\$/km)/vehículo	\$ 6.62	\$ 17.99	\$ 13.12

Alta Congestión			
Situación Actual			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Vel. Prom (km/hr)	40.64		
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 7,302.10	\$ 18,889.95	\$ 13,323.74
COV (\$/km)/vehículo	\$ 7.30	\$ 18.89	\$ 13.32

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

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

3. Costo del Tiempo de Recorrido (CRT)

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

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

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

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

Dónde:

SHP= Valor tiempo por motivo de trabajo

VTpp= Valor del tiempo por motivo de placer

SMGP = salario mínimo por hora (en pesos)

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

HTPcenso2010 = promedio de las horas trabajadas por semana = 41.444

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

H = ingreso horario familiar = 2*FIP*SMH

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

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

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	141.7
Valor tiempo por motivo de trabajo	80.58
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	48.35
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coficiente de pasajeros por Auto	2.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Coefficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coefficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	20.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	15.00

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

A continuación, se presentan los resultados del análisis del Camino No. 781 Cuautitlán - Apaxco del PSV sobre las vías del FFCC México-Querétaro. La evaluación se llevo a cabo para un solo cuerpo, ya que solo se cuenta con una calzada que aloja ambos sentidos de circulación con dos carriles (uno por sentido).

Tabla 11 Costos representativos de la situación actual

Baja Congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual			Total	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	\$6.45	\$17.80	\$12.50	\$2,119,257.50	\$47,845.10	\$548,447.17	\$2,715,549.77

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Actual			Total	
				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	73.47	69.23	67.92	\$634,473.12	\$63,312.15	\$193,735.70	\$891,520.97

CGV'S Anuales (\$)					
Año	A	B	C	Total	
0	2021	\$2,753,730.62	\$111,157.25	\$742,182.87	\$3,607,070.74

Media Congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual			Total	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	\$6.62	\$17.99	\$13.12	\$12,879,423.01	\$211,332.03	\$1,791,527.15	\$14,882,282.18

Valor tiempo							
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Actual			Total
				Costo de Operación (\$)			
Año	A	B	C	A	B	C	

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

0	2021	61.02	58.06	42.86	\$4,521,523.54	\$330,089.99	\$955,800.57	\$5,807,414.11
---	------	-------	-------	-------	----------------	--------------	--------------	----------------

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	\$17,400,946.55	\$541,422.02	\$2,747,327.72	\$20,689,696.29

Alta Congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual			Total	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	\$7.30	\$18.89	\$13.32	\$39,974,231.77	\$541,778.54	\$6,512,790.34	\$47,028,800.65

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Actual			Total	
				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021	42.35	40.00	39.56	\$18,333,315.16	\$1,169,474.68	\$3,706,858.86	\$23,209,648.70

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	\$58,307,546.93	\$1,711,253.22	\$10,219,649.19	\$70,238,449.35

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

III. Situación sin el Proyecto de Inversión

Si bien resulta complejo realizar acciones de optimización la presente evaluación plantea medidas de optimización u obras de tipo menor que contribuyen a elevar las condiciones de operación de la vialidad en estudio, bajo el supuesto, que por razones presupuestales no se completara la obra. Por supuesto que dichas medidas deben contemplar que sean factibles, posibles y rentables durante el horizonte de evaluación, así se obtendría una situación base "sin proyecto optimizada", para compararla con la situación "con proyecto". Aunado a lo anterior, las acciones de optimización no deberán suponer un costo mayor al 10% del costo social contemplado para la elaboración del proyecto de acuerdo a los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP.

a) Optimizaciones

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

- **Señalamiento vertical:** Conjunto de señales en tableros fijados en postes y marcos integradas con leyendas y símbolos. Pueden ser preventivas, restrictivas, informativas, turísticas y de servicios.

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

Tabla 12 Costos medidas de optimización

COSTOS DE OPTIMIZACIÓN				
DATOS				
LONGITUD =		1000.00		M
ANCHO =		7.00		M
ÁREA =		7000		M ²
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de la sup de rodamiento	ha	0.7	\$18,500.00	\$ 12,950.00
Bacheo aislado	m ³	49	\$ 4,600.00	\$ 225,400.00
Renivelaciones	m ³	245	\$ 4,600.00	\$ 1,127,000.00
Señalamiento horizontal	m	3000	\$ 14.00	\$ 42,000.00
Señalamiento vertical	pza	10	\$ 2,500.00	\$ 25,000.00
TOTAL SIN IVA=				\$ 1,432,350.00
TOTAL CON IVA=				\$ 1,661,526.00

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

Los costos de medidas de optimización son menores al 10% del monto de inversión por lo que se cumple con lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Sin embargo, dichos trabajos no mejorarían el congestionamiento generado en el cuello de botella formado en la entrada al PSV sobre las vías del FFCC México – Querétaro, ya que únicamente se mejoraría el estado de la carpeta asfáltica. Por lo tanto, al seguir contando con la misma capacidad de dos carriles sobre el PSV el tránsito en horas pico seguirá siendo elevando provocando aun altos tiempos de traslado, bajas velocidades y elevados costos generalizados de viaje.

c) Análisis de la Oferta

Con la implementación de las medidas de optimización realizadas en el PSV sobre las vías del FFCC México – Querétaro, se tendrían en consideración las características actuales del camino en un kilómetro, mejorando parcialmente la zona de rodadura, permitiendo tener un IRI de 5 mm/m, mismo que tendrá una mejora únicamente durante el primer año de vida útil. A continuación, se presenta la información sobre las características físicas y geométricas del camino de acuerdo a las medidas de optimización.

En resumen, se cuenta con las siguientes características físicas y geométricas:

Tabla 13 Características físicas y geométricas de la Avenida

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE VEHICULAR	
Longitud a intervenir del tramo (km)	1.00 km
Longitud del PSV	362 m
Municipio (s)	Teoloyucan
Localidad (es)	Cabecera municipal de Teoloyucan
Tipo de terreno	Plano
Numero de cuerpos en el PSV	1
Sentidos de circulación en el PSV	2
Camellón	Inexistente
Ancho de calzada (m) en el PSV	7 metros de ancho sobre el puente vehicular
Número de carriles	2 (uno por sentido de circulación)
Ancho promedio de carril (m)	3.50 metros
Acotamientos	Inexistentes
Ancho de los acotamientos:	-
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en buen estado
Índice de rugosidad (m/km)	5 mm/m
Obras de drenaje	Existentes en condiciones regulares
Condiciones de señalamiento	Visible en buen estado
Pendiente media ascendente (%)	2.5%
Pendiente media descendente (%)	-2.7%
Proporción de viaje ascendente (%)	43.5%
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2252 msnm
Curvatura horizontal máx. (grados)	137.96°
Nivel de Servicio	D

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

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

Tabla 14 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

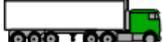
http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_310718.pdf

d) Análisis de la Demanda

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

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

Ilustración 7 Composición vehicular de acuerdo a la SCT

A	
B	
C2	
C3	
T3S2	
T3S3	
T3S2-R4	
OTRO	

1. Transito Diario Promedio Anual

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

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

Tabla 15 TDPA proyecto

HORAS DE DEMANDA	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	1,6416
MEDIA CONGESTIÓN	5,736
BAJA CONGESTIÓN	1,028
TOTAL	23,180

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

2. Composición vehicular

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

Tabla 16 Composición vehicular

	A	B	C	TOTAL
ALTA CONGESTIÓN	91.36%	0.48%	8.16%	100.00%
MEDIA CONGESTIÓN	92.92%	0.56%	6.52%	100.00%
BAJA CONGESTIÓN	87.59%	0.72%	11.69%	100.00%

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

4. Periodización

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

Tabla 17 Periodicidad

Horas de demanda	Horas al día	T.D.P.A.
ALTA CONGESTIÓN	12	16,416
MEDIA CONGESTIÓN	6	5,736
BAJA CONGESTIÓN	6	1,028
ALTA CONGESTIÓN	24	23,180

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México, 2021
Véase Anexo IV. Estudio de tránsito

5. Tasa de ocupación vehicular

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

Tabla 18 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

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

6. Tasa de crecimiento

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

Para obtener la tasa de crecimiento del presente proyecto se revisaron los datos históricos de incremento del tráfico en la zona de influencia del proyecto, tomando como reseña los datos históricos del libro de Datos Viales editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de los años 2014 al 2020. Para el caso del presente proyecto se toman en cuenta las lecturas sobre la Carretera Lechería – Apaxco en el punto hacia Teoloyucan, debido a la cercanía del tramo en estudio, ya que no existe un registro de los datos Viales sobre el PSV.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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 19 Tasa de crecimiento

Año	TDPA	Tasa de crecimiento
2014	6,668.00	2.62%
2015	6,843.00	1.97%
2016	6,978.00	2.19%
2017	7,131.00	0.81%
2018	7,189.00	11.95%
2019	8,048.00	-6.56%
2020	7,520.00	2.17%

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

Como se puede observar la tasa de crecimiento resultante de la evaluación de los datos viales de la SCT en promedio es de 2.17%. A lo largo del análisis se utilizará este valor como para el incremento del valor de los COV's y decremento de la velocidad durante el horizonte de evaluación.

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 20 Proyección del TDPA

Baja Congestión

Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	1,028.00
2.17%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		87.59%	0.72%	11.69%	100.00%	365
0	2021	900	7	120	1,028	375,220
0	2022	920	8	123	1,050	383,362
1	2023	940	8	125	1,073	391,681
2	2024	960	8	128	1,096	400,181
3	2025	981	8	131	1,120	408,865
4	2026	1,003	8	134	1,144	417,737
5	2027	1,024	8	137	1,169	426,802
6	2028	1,046	9	140	1,195	436,063
7	2029	1,069	9	143	1,221	445,526
8	2030	1,092	9	146	1,247	455,194
9	2031	1,116	9	149	1,274	465,072
10	2032	1,140	9	152	1,302	475,164
11	2033	1,165	10	155	1,330	485,475
12	2034	1,190	10	159	1,359	496,010
13	2035	1,216	10	162	1,388	506,773
14	2036	1,243	10	166	1,419	517,770
15	2037	1,270	10	169	1,449	529,006
16	2038	1,297	11	173	1,481	540,485
17	2039	1,325	11	177	1,513	552,214
18	2040	1,354	11	181	1,546	564,197
19	2041	1,383	11	185	1,579	576,440
20	2042	1,413	12	189	1,614	588,948
21	2043	1,444	12	193	1,649	601,729
22	2044	1,475	12	197	1,684	614,786
23	2045	1,507	12	201	1,721	628,127
24	2046	1,540	13	206	1,758	641,757
25	2047	1,574	13	210	1,796	655,683
26	2048	1,608	13	215	1,835	669,912
27	2049	1,643	13	219	1,875	684,449
28	2050	1,678	14	224	1,916	699,301
29	2051	1,715	14	229	1,957	714,476
30	2052	1,752	14	234	2,000	729,980
31	2053	1,790	15	239	2,043	745,821
32	2054	1,829	15	244	2,088	762,005
33	2055	1,868	15	249	2,133	778,541
34	2056	1,909	16	255	2,179	795,435
35	2057	1,950	16	260	2,227	812,696
36	2058	1,993	16	266	2,275	830,332
37	2059	2,036	17	272	2,324	848,350

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

38	2060	2,080	17	278	2,375	866,759
39	2061	2,125	17	284	2,426	885,568
40	2062	2,171	18	290	2,479	904,784
41	2063	2,218	18	296	2,533	924,418
42	2064	2,267	19	302	2,588	944,478
43	2065	2,316	19	309	2,644	964,973
44	2066	2,366	19	316	2,701	985,913
45	2067	2,417	20	323	2,760	1,007,308
46	2068	2,470	20	330	2,820	1,029,166
47	2069	2,523	21	337	2,881	1,051,499
48	2070	2,578	21	344	2,943	1,074,317
49	2071	2,634	22	352	3,007	1,097,629
50	2072	2,691	22	359	3,072	1,121,448

Media Congestión

Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	5,736.00
2.17%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		92.92%	0.56%	6.52%	100.00%	365
0	2021	5,330	32	374	5,736	2,093,640
0	2022	5,445	33	382	5,860	2,139,072
1	2023	5,564	34	391	5,988	2,185,490
2	2024	5,684	34	399	6,118	2,232,915
3	2025	5,808	35	408	6,250	2,281,369
4	2026	5,934	36	417	6,386	2,330,875
5	2027	6,062	37	426	6,525	2,381,455
6	2028	6,194	37	435	6,666	2,433,133
7	2029	6,328	38	444	6,811	2,485,931
8	2030	6,466	39	454	6,959	2,539,876
9	2031	6,606	40	464	7,110	2,594,992
10	2032	6,749	41	474	7,264	2,651,303
11	2033	6,896	42	484	7,421	2,708,836
12	2034	7,045	43	495	7,583	2,767,618
13	2035	7,198	43	505	7,747	2,827,675
14	2036	7,354	44	516	7,915	2,889,036
15	2037	7,514	45	527	8,087	2,951,728
16	2038	7,677	46	539	8,262	3,015,780
17	2039	7,844	47	551	8,442	3,081,223
18	2040	8,014	48	563	8,625	3,148,085
19	2041	8,188	49	575	8,812	3,216,399
20	2042	8,366	51	587	9,003	3,286,195
21	2043	8,547	52	600	9,199	3,357,505
22	2044	8,733	53	613	9,398	3,430,363
23	2045	8,922	54	626	9,602	3,504,802
24	2046	9,116	55	640	9,811	3,580,856

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

25	2047	9,313	56	654	10,023	3,658,560
26	2048	9,516	57	668	10,241	3,737,951
27	2049	9,722	59	682	10,463	3,819,065
28	2050	9,933	60	697	10,690	3,901,938
29	2051	10,149	61	712	10,922	3,986,611
30	2052	10,369	63	728	11,159	4,073,120
31	2053	10,594	64	744	11,401	4,161,507
32	2054	10,824	65	760	11,649	4,251,811
33	2055	11,059	67	776	11,902	4,344,076
34	2056	11,299	68	793	12,160	4,438,342
35	2057	11,544	70	810	12,424	4,534,654
36	2058	11,794	71	828	12,693	4,633,056
37	2059	12,050	73	846	12,969	4,733,593
38	2060	12,312	74	864	13,250	4,836,312
39	2061	12,579	76	883	13,538	4,941,260
40	2062	12,852	78	902	13,831	5,048,486
41	2063	13,131	79	922	14,132	5,158,038
42	2064	13,416	81	942	14,438	5,269,967
43	2065	13,707	83	962	14,752	5,384,326
44	2066	14,004	85	983	15,072	5,501,165
45	2067	14,308	86	1,004	15,399	5,620,541
46	2068	14,618	88	1,026	15,733	5,742,507
47	2069	14,936	90	1,048	16,074	5,867,119
48	2070	15,260	92	1,071	16,423	5,994,435
49	2071	15,591	94	1,094	16,779	6,124,515
50	2072	15,929	96	1,118	17,144	6,257,417

Alta Congestión

Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	16,416.00
2.17%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		91.36%	0.48%	8.16%	100.00%	365
0	2021	14,998	79	1,339	16,416	5,991,840
0	2022	15,324	80	1,368	16,772	6,121,863
1	2023	15,656	82	1,398	17,136	6,254,707
2	2024	15,996	84	1,428	17,508	6,390,435
3	2025	16,343	86	1,459	17,888	6,529,107
4	2026	16,698	87	1,491	18,276	6,670,789
5	2027	17,060	89	1,523	18,673	6,815,545
6	2028	17,430	91	1,556	19,078	6,963,442
7	2029	17,808	93	1,590	19,492	7,114,549
8	2030	18,195	95	1,625	19,915	7,268,934
9	2031	18,590	97	1,660	20,347	7,426,670
10	2032	18,993	100	1,696	20,789	7,587,829
11	2033	19,405	102	1,733	21,240	7,752,485

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

12	2034	19,826	104	1,770	21,701	7,920,714
13	2035	20,257	106	1,809	22,171	8,092,593
14	2036	20,696	108	1,848	22,653	8,268,203
15	2037	21,145	111	1,888	23,144	8,447,623
16	2038	21,604	113	1,929	23,646	8,630,936
17	2039	22,073	116	1,971	24,160	8,818,227
18	2040	22,552	118	2,014	24,684	9,009,583
19	2041	23,041	121	2,057	25,219	9,205,091
20	2042	23,541	123	2,102	25,767	9,404,841
21	2043	24,052	126	2,148	26,326	9,608,926
22	2044	24,574	129	2,194	26,897	9,817,440
23	2045	25,107	132	2,242	27,481	10,030,478
24	2046	25,652	134	2,291	28,077	10,248,140
25	2047	26,209	137	2,340	28,686	10,470,524
26	2048	26,778	140	2,391	29,309	10,697,735
27	2049	27,359	143	2,443	29,945	10,929,876
28	2050	27,952	146	2,496	30,595	11,167,054
29	2051	28,559	150	2,550	31,259	11,409,379
30	2052	29,179	153	2,605	31,937	11,656,963
31	2053	29,812	156	2,662	32,630	11,909,919
32	2054	30,459	160	2,720	33,338	12,168,364
33	2055	31,120	163	2,779	34,061	12,432,417
34	2056	31,795	167	2,839	34,801	12,702,201
35	2057	32,485	170	2,901	35,556	12,977,839
36	2058	33,190	174	2,964	36,327	13,259,458
37	2059	33,910	178	3,028	37,116	13,547,188
38	2060	34,646	182	3,094	37,921	13,841,162
39	2061	35,398	185	3,161	38,744	14,141,515
40	2062	36,166	189	3,229	39,585	14,448,386
41	2063	36,951	194	3,299	40,444	14,761,916
42	2064	37,752	198	3,371	41,321	15,082,250
43	2065	38,572	202	3,444	42,218	15,409,534
44	2066	39,409	206	3,519	43,134	15,743,921
45	2067	40,264	211	3,595	44,070	16,085,564
46	2068	41,138	216	3,673	45,026	16,434,621
47	2069	42,030	220	3,753	46,003	16,791,252
48	2070	42,942	225	3,834	47,002	17,155,623
49	2071	43,874	230	3,918	48,022	17,527,900
50	2072	44,826	235	4,003	49,064	17,908,255

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

Cabe mencionar que se considera como año 0 a los años 2021 y 2022, ya que el proyecto estima dos años de evaluación, entrando en operación hasta el año 2023.

e) Diagnóstico de la Interacción Oferta- Demanda

Al efectuar las medidas de optimización del PSV sobre las vías del FFCC México – Querétaro se contará con una carpeta asfáltica en condiciones regulares y un IRI de 5 mm/m, lo que nos indica que hay una mejora mínima en cuanto a la situación de operación del camino, sin embargo, se seguirán presentando altos costos generalizados de viaje y, por lo tanto, bajas velocidades de recorrido y altos tiempos de traslado de los usuarios al no aumentar la oferta de las propiedades geométricas del puente vehicular.

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

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

- **Velocidad y Tiempo de Recorrido**

Se considera un aumento de velocidades mínimo a lo largo del puente vehicular aun cuando la carpeta asfáltica presente buen estado sin baches e irregularidades. Debido a que la oferta geométrica de la sección no sufrirá cambios por lo que se tendrá congestión en las horas pico generando por el cuello de botella en la entrada del puente al reducir de la sección de 4 a 2 carriles de circulación. Esto perjudicará a los usuarios, ya que aún contarán con altos tiempos de traslado para los usuarios que se trasladan por medio de esta vialidad. Por esta razón, el incremento de la velocidad representa poco crecimiento.

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

Tabla 21 Velocidades en situación sin proyecto

Baja Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	74.00	70.00	68.00
Vel. Prom (km/hr)	70.67		

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tiempo de recorrido	00:00:49	00:00:51	00:00:53
---------------------	----------	----------	----------

Media Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	63.00	60.00	43.00
Vel. Prom (km/hr)	55.33		
Tiempo de recorrido	00:00:57	00:01:00	00:01:24

Alta Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	45.00	42.00	40.00
Vel. Prom (km/hr)	42.33		
Tiempo de recorrido	00:01:20	00:01:26	00:01:30

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

- **Costos de Operación Vehicular**

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 22 Costos de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo

Baja Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
Vel. Prom (km/hr)	70.67		
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 5,906.92	\$ 17,063.46	\$ 11,475.02
COV (\$/km)/vehículo	\$ 5.91	\$ 17.06	\$ 11.48

Media Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
Vel. Prom (km/hr)	55.33		
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 6,067.50	\$ 17,195.04	\$ 12,100.09
COV (\$/km)/vehículo	\$ 6.07	\$ 17.20	\$ 12.10

Alta Congestión			
Situación Sin Proyecto			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	5		
Clasificación	A	B	C
Vel. Prom (km/hr)	42.33		
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 6,652.08	\$ 17,981.08	\$ 12,286.81
COV (\$/km)/vehículo	\$ 6.65	\$ 17.98	\$ 12.29

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

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

- **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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

(peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios.

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

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

Dónde:

SHP= Valor tiempo por motivo de trabajo

VTpp= Valor del tiempo por motivo de placer

SMGP = salario mínimo por hora (en pesos)

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

HTPcenso2010 = promedio de las horas trabajadas por semana = 41.444

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

H = ingreso horario familiar = 2*FIP*SMH

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

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

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

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

A continuación, se presentan los resultados de los CGV's correspondientes a la situación sin proyecto a lo largo del horizonte de evaluación. Cabe mencionar que se presentan los resultados del análisis del Camino No. 781 Cuautitlán -Apaxco del PSV sobre las vías del FFCC México-Querétaro. La evaluación se llevó a cabo para un solo cuerpo, ya que solo se cuenta con una calzada que aloja ambos sentidos de circulación con dos carriles (uno por sentido).

Cabe mencionar que se considera como año 0 a los años 2021 y 2022, ya que el proyecto estima dos años de evaluación, entrando en operación hasta el año 2023.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 24 Costos representativos de la Situación sin proyecto

Baja Congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			2.17%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	\$5.91	\$17.06	\$11.48	-	-	-	
1	2023	\$6.04	\$17.43	\$11.72	\$2,070,581.05	\$48,905.63	\$536,796.40	\$2,656,283.08
2	2024	\$6.17	\$17.81	\$11.98	\$2,161,419.28	\$51,051.16	\$560,346.14	\$2,772,816.58
3	2025	\$6.30	\$18.20	\$12.24	\$2,256,242.67	\$53,290.82	\$584,929.02	\$2,894,462.51
4	2026	\$6.44	\$18.59	\$12.50	\$2,355,226.04	\$55,628.74	\$610,590.38	\$3,021,445.16
5	2027	\$6.58	\$19.00	\$12.78	\$2,458,551.91	\$58,069.22	\$637,377.52	\$3,153,998.65
6	2028	\$6.72	\$19.41	\$13.05	\$2,566,410.77	\$60,616.77	\$665,339.84	\$3,292,367.38
7	2029	\$6.86	\$19.83	\$13.34	\$2,679,001.49	\$63,276.08	\$694,528.89	\$3,436,806.46
8	2030	\$7.01	\$20.26	\$13.63	\$2,796,531.67	\$66,052.06	\$724,998.49	\$3,587,582.22
9	2031	\$7.17	\$20.70	\$13.92	\$2,919,218.00	\$68,949.82	\$756,804.82	\$3,744,972.65
10	2032	\$7.32	\$21.15	\$14.22	\$3,047,286.70	\$71,974.71	\$790,006.52	\$3,909,267.93
11	2033	\$7.48	\$21.61	\$14.53	\$3,180,973.87	\$75,132.31	\$824,664.81	\$4,080,770.99
12	2034	\$7.64	\$22.08	\$14.85	\$3,320,526.03	\$78,428.43	\$860,843.59	\$4,259,798.05
13	2035	\$7.81	\$22.56	\$15.17	\$3,466,200.46	\$81,869.15	\$898,609.57	\$4,446,679.18
14	2036	\$7.98	\$23.05	\$15.50	\$3,618,265.76	\$85,460.82	\$938,032.37	\$4,641,758.95
15	2037	\$8.15	\$23.55	\$15.83	\$3,777,002.30	\$89,210.07	\$979,184.68	\$4,845,397.05
16	2038	\$8.33	\$24.06	\$16.18	\$3,942,702.75	\$93,123.79	\$1,022,142.39	\$5,057,968.93
17	2039	\$8.51	\$24.58	\$16.53	\$4,115,672.63	\$97,209.22	\$1,066,984.68	\$5,279,866.53
18	2040	\$8.69	\$25.11	\$16.89	\$4,296,230.85	\$101,473.87	\$1,113,794.25	\$5,511,498.97
19	2041	\$8.88	\$25.66	\$17.25	\$4,484,710.32	\$105,925.62	\$1,162,657.39	\$5,753,293.34
20	2042	\$9.07	\$26.21	\$17.63	\$4,681,458.56	\$110,572.67	\$1,213,664.21	\$6,005,695.44
21	2043	\$9.27	\$26.78	\$18.01	\$4,886,838.31	\$115,423.59	\$1,266,908.74	\$6,269,170.64
22	2044	\$9.47	\$27.36	\$18.40	\$5,101,228.26	\$120,487.33	\$1,322,489.15	\$6,544,204.74
23	2045	\$9.68	\$27.96	\$18.80	\$5,325,023.68	\$125,773.21	\$1,380,507.93	\$6,831,304.82
24	2046	\$9.89	\$28.56	\$19.21	\$5,558,637.21	\$131,291.00	\$1,441,072.04	\$7,131,000.25
25	2047	\$10.10	\$29.18	\$19.63	\$5,802,499.57	\$137,050.85	\$1,504,293.15	\$7,443,843.57
26	2048	\$10.32	\$29.82	\$20.05	\$6,057,060.39	\$143,063.39	\$1,570,287.83	\$7,770,411.62
27	2049	\$10.55	\$30.46	\$20.49	\$6,322,789.02	\$149,339.71	\$1,639,177.76	\$8,111,306.49
28	2050	\$10.77	\$31.13	\$20.93	\$6,600,175.40	\$155,891.38	\$1,711,089.94	\$8,467,156.72
29	2051	\$11.01	\$31.80	\$21.39	\$6,889,730.97	\$162,730.47	\$1,786,156.98	\$8,838,618.42
30	2052	\$11.25	\$32.49	\$21.85	\$7,191,989.60	\$169,869.60	\$1,864,517.28	\$9,226,376.48
31	2053	\$11.49	\$33.20	\$22.32	\$7,507,508.58	\$177,321.93	\$1,946,315.31	\$9,631,145.83
32	2054	\$11.74	\$33.92	\$22.81	\$7,836,869.67	\$185,101.20	\$2,031,701.90	\$10,053,672.77
33	2055	\$12.00	\$34.65	\$23.30	\$8,180,680.12	\$193,221.76	\$2,120,834.47	\$10,494,736.34
34	2056	\$12.26	\$35.40	\$23.81	\$8,539,573.83	\$201,698.57	\$2,213,877.36	\$10,955,149.76
35	2057	\$12.52	\$36.17	\$24.33	\$8,914,212.54	\$210,547.26	\$2,311,002.13	\$11,435,761.93
36	2058	\$12.79	\$36.96	\$24.85	\$9,305,286.97	\$219,784.16	\$2,412,387.85	\$11,937,458.99
37	2059	\$13.07	\$37.76	\$25.39	\$9,713,518.20	\$229,426.29	\$2,518,221.46	\$12,461,165.94
38	2060	\$13.36	\$38.58	\$25.94	\$10,139,658.88	\$239,491.42	\$2,628,698.07	\$13,007,848.38

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

39	2061	\$13.64	\$39.42	\$26.51	\$10,584,494.74	\$249,998.12	\$2,744,021.40	\$13,578,514.26
40	2062	\$13.94	\$40.27	\$27.08	\$11,048,845.95	\$260,965.76	\$2,864,404.06	\$14,174,215.77
41	2063	\$14.24	\$41.15	\$27.67	\$11,533,568.65	\$272,414.56	\$2,990,068.01	\$14,796,051.23
42	2064	\$14.55	\$42.04	\$28.27	\$12,039,556.58	\$284,365.63	\$3,121,244.96	\$15,445,167.17
43	2065	\$14.87	\$42.95	\$28.88	\$12,567,742.64	\$296,841.01	\$3,258,176.75	\$16,122,760.40
44	2066	\$15.19	\$43.88	\$29.51	\$13,119,100.69	\$309,863.69	\$3,401,115.87	\$16,830,080.24
45	2067	\$15.52	\$44.84	\$30.15	\$13,694,647.32	\$323,457.68	\$3,550,325.85	\$17,568,430.84
46	2068	\$15.86	\$45.81	\$30.81	\$14,295,443.68	\$337,648.06	\$3,706,081.80	\$18,339,173.54
47	2069	\$16.20	\$46.80	\$31.47	\$14,922,597.52	\$352,460.98	\$3,868,670.91	\$19,143,729.40
48	2070	\$16.55	\$47.82	\$32.16	\$15,577,265.15	\$367,923.75	\$4,038,392.94	\$19,983,581.85
49	2071	\$16.91	\$48.86	\$32.85	\$16,260,653.64	\$384,064.90	\$4,215,560.84	\$20,860,279.37
50	2072	\$17.28	\$49.92	\$33.57	\$16,974,022.99	\$400,914.17	\$4,400,501.24	\$21,775,438.39

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
Año	A	B	C	Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	74.00	70.00	68.00	-	-	-	
1	2023	72.39	68.48	66.52	\$672,150.12	\$66,812.56	\$206,477.70	\$945,440.38
2	2024	70.82	66.99	65.08	\$701,968.50	\$69,776.54	\$215,637.60	\$987,382.64
3	2025	69.29	65.54	63.67	\$733,109.69	\$72,872.01	\$225,203.86	\$1,031,185.57
4	2026	67.78	64.12	62.29	\$765,632.40	\$76,104.81	\$235,194.51	\$1,076,931.71
5	2027	66.31	62.73	60.94	\$799,597.89	\$79,481.02	\$245,628.36	\$1,124,707.28
6	2028	64.87	61.37	59.61	\$835,070.19	\$83,007.01	\$256,525.09	\$1,174,602.30
7	2029	63.47	60.03	58.32	\$872,116.14	\$86,689.43	\$267,905.23	\$1,226,710.79
8	2030	62.09	58.73	57.05	\$910,805.54	\$90,535.20	\$279,790.22	\$1,281,130.96
9	2031	60.74	57.46	55.82	\$951,211.30	\$94,551.58	\$292,202.46	\$1,337,965.35
10	2032	59.42	56.21	54.60	\$993,409.57	\$98,746.14	\$305,165.34	\$1,397,321.06
11	2033	58.13	54.99	53.42	\$1,037,479.87	\$103,126.79	\$318,703.29	\$1,459,309.96
12	2034	56.87	53.80	52.26	\$1,083,505.25	\$107,701.77	\$332,841.82	\$1,524,048.84
13	2035	55.64	52.63	51.13	\$1,131,572.44	\$112,479.70	\$347,607.58	\$1,591,659.72
14	2036	54.43	51.49	50.02	\$1,181,772.01	\$117,469.60	\$363,028.38	\$1,662,269.99
15	2037	53.25	50.37	48.93	\$1,234,198.57	\$122,680.87	\$379,133.28	\$1,736,012.73
16	2038	52.09	49.28	47.87	\$1,288,950.92	\$128,123.32	\$395,952.65	\$1,813,026.89
17	2039	50.96	48.21	46.83	\$1,346,132.22	\$133,807.21	\$413,518.16	\$1,893,457.60
18	2040	49.86	47.16	45.81	\$1,405,850.24	\$139,743.26	\$431,862.93	\$1,977,456.44
19	2041	48.78	46.14	44.82	\$1,468,217.51	\$145,942.64	\$451,021.53	\$2,065,181.68
20	2042	47.72	45.14	43.85	\$1,533,351.56	\$152,417.05	\$471,030.05	\$2,156,798.66
21	2043	46.68	44.16	42.90	\$1,601,375.13	\$159,178.68	\$491,926.20	\$2,252,480.00
22	2044	45.67	43.20	41.97	\$1,672,416.41	\$166,240.27	\$513,749.36	\$2,352,406.03
23	2045	44.68	42.26	41.06	\$1,746,609.26	\$173,615.13	\$536,540.65	\$2,456,765.04
24	2046	43.71	41.35	40.16	\$1,824,093.51	\$181,317.16	\$560,343.03	\$2,565,753.70
25	2047	42.76	40.45	39.29	\$1,905,015.17	\$189,360.87	\$585,201.34	\$2,679,577.38
26	2048	41.83	39.57	38.44	\$1,989,526.73	\$197,761.43	\$611,162.43	\$2,798,450.59
27	2049	40.92	38.71	37.61	\$2,077,787.45	\$206,534.65	\$638,275.23	\$2,922,597.33

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

28	2050	40.04	37.87	36.79	\$2,169,963.65	\$215,697.08	\$666,590.82	\$3,052,251.55
29	2051	39.17	37.05	35.99	\$2,266,229.03	\$225,265.98	\$696,162.57	\$3,187,657.58
30	2052	38.32	36.25	35.21	\$2,366,765.00	\$235,259.38	\$727,046.20	\$3,329,070.58
31	2053	37.49	35.46	34.45	\$2,471,761.01	\$245,696.11	\$759,299.91	\$3,476,757.04
32	2054	36.67	34.69	33.70	\$2,581,414.93	\$256,595.85	\$792,984.48	\$3,630,995.26
33	2055	35.88	33.94	32.97	\$2,695,933.39	\$267,979.13	\$828,163.39	\$3,792,075.91
34	2056	35.10	33.20	32.25	\$2,815,532.19	\$279,867.39	\$864,902.93	\$3,960,302.52
35	2057	34.34	32.48	31.55	\$2,940,436.72	\$292,283.06	\$903,272.33	\$4,135,992.11
36	2058	33.59	31.78	30.87	\$3,070,882.34	\$305,249.52	\$943,343.91	\$4,319,475.77
37	2059	32.86	31.09	30.20	\$3,207,114.88	\$318,791.20	\$985,193.16	\$4,511,099.25
38	2060	32.15	30.41	29.54	\$3,349,391.06	\$332,933.63	\$1,028,898.96	\$4,711,223.65
39	2061	31.45	29.75	28.90	\$3,497,978.99	\$347,703.45	\$1,074,543.67	\$4,920,226.11
40	2062	30.77	29.11	28.27	\$3,653,158.68	\$363,128.51	\$1,122,213.29	\$5,138,500.48
41	2063	30.10	28.47	27.66	\$3,815,222.55	\$379,237.86	\$1,171,997.67	\$5,366,458.08
42	2064	29.45	27.86	27.06	\$3,984,476.01	\$396,061.86	\$1,223,990.62	\$5,604,528.49
43	2065	28.81	27.25	26.47	\$4,161,238.01	\$413,632.22	\$1,278,290.11	\$5,853,160.34
44	2066	28.18	26.66	25.90	\$4,345,841.63	\$431,982.05	\$1,334,998.47	\$6,112,822.16
45	2067	27.57	26.08	25.34	\$4,538,634.77	\$451,145.93	\$1,394,222.57	\$6,384,003.27
46	2068	26.97	25.52	24.79	\$4,739,980.73	\$471,159.97	\$1,456,074.00	\$6,667,214.70
47	2069	26.39	24.96	24.25	\$4,950,258.93	\$492,061.88	\$1,520,669.33	\$6,962,990.14
48	2070	25.82	24.42	23.72	\$5,169,865.63	\$513,891.06	\$1,588,130.28	\$7,271,886.98
49	2071	25.26	23.89	23.21	\$5,399,214.67	\$536,688.64	\$1,658,583.98	\$7,594,487.30
50	2072	24.71	23.37	22.70	\$5,638,738.25	\$560,497.58	\$1,732,163.20	\$7,931,399.03

CGV'S Anuales (\$)					
Año	A	B	C	Total	
0	2021	-	-	-	
0	2022	-	-	-	
1	2023	\$2,742,731.17	\$115,718.19	\$743,274.10	\$3,601,723.46
2	2024	\$2,863,387.78	\$120,827.70	\$775,983.74	\$3,760,199.22
3	2025	\$2,989,352.36	\$126,162.84	\$810,132.88	\$3,925,648.08
4	2026	\$3,120,858.44	\$131,733.55	\$845,784.89	\$4,098,376.87
5	2027	\$3,258,149.80	\$137,550.24	\$883,005.88	\$4,278,705.93
6	2028	\$3,401,480.96	\$143,623.78	\$921,864.93	\$4,466,969.67
7	2029	\$3,551,117.63	\$149,965.51	\$962,434.12	\$4,663,517.26
8	2030	\$3,707,337.21	\$156,587.26	\$1,004,788.71	\$4,868,713.18
9	2031	\$3,870,429.30	\$163,501.41	\$1,049,007.29	\$5,082,937.99
10	2032	\$4,040,696.27	\$170,720.86	\$1,095,171.87	\$5,306,588.99
11	2033	\$4,218,453.75	\$178,259.09	\$1,143,368.11	\$5,540,080.95
12	2034	\$4,404,031.28	\$186,130.19	\$1,193,685.41	\$5,783,846.89
13	2035	\$4,597,772.90	\$194,348.86	\$1,246,217.14	\$6,038,338.90
14	2036	\$4,800,037.77	\$202,930.43	\$1,301,060.74	\$6,304,028.95
15	2037	\$5,011,200.87	\$211,890.94	\$1,358,317.97	\$6,581,409.78
16	2038	\$5,231,653.67	\$221,247.11	\$1,418,095.03	\$6,870,995.82
17	2039	\$5,461,804.85	\$231,016.43	\$1,480,502.85	\$7,173,324.13
18	2040	\$5,702,081.09	\$241,217.13	\$1,545,657.18	\$7,488,955.41
19	2041	\$5,952,927.84	\$251,868.26	\$1,613,678.92	\$7,818,475.02

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

20	2042	\$6,214,810.12	\$262,989.72	\$1,684,694.26	\$8,162,494.09
21	2043	\$6,488,213.44	\$274,602.27	\$1,758,834.94	\$8,521,650.64
22	2044	\$6,773,644.66	\$286,727.59	\$1,836,238.51	\$8,896,610.77
23	2045	\$7,071,632.94	\$299,388.34	\$1,917,048.58	\$9,288,069.86
24	2046	\$7,382,730.72	\$312,608.16	\$2,001,415.07	\$9,696,753.94
25	2047	\$7,707,514.74	\$326,411.72	\$2,089,494.49	\$10,123,420.96
26	2048	\$8,046,587.12	\$340,824.82	\$2,181,450.26	\$10,568,862.21
27	2049	\$8,400,576.47	\$355,874.36	\$2,277,452.99	\$11,033,903.82
28	2050	\$8,770,139.05	\$371,588.46	\$2,377,680.77	\$11,519,408.27
29	2051	\$9,155,960.00	\$387,996.45	\$2,482,319.55	\$12,026,276.00
30	2052	\$9,558,754.60	\$405,128.98	\$2,591,563.48	\$12,555,447.06
31	2053	\$9,979,269.60	\$423,018.04	\$2,705,615.22	\$13,107,902.87
32	2054	\$10,418,284.60	\$441,697.05	\$2,824,686.38	\$13,684,668.03
33	2055	\$10,876,613.51	\$461,200.88	\$2,948,997.86	\$14,286,812.25
34	2056	\$11,355,106.03	\$481,565.96	\$3,078,780.29	\$14,915,452.28
35	2057	\$11,854,649.26	\$502,830.32	\$3,214,274.47	\$15,571,754.05
36	2058	\$12,376,169.32	\$525,033.68	\$3,355,731.76	\$16,256,934.75
37	2059	\$12,920,633.08	\$548,217.49	\$3,503,414.62	\$16,972,265.18
38	2060	\$13,489,049.95	\$572,425.05	\$3,657,597.03	\$17,719,072.03
39	2061	\$14,082,473.74	\$597,701.58	\$3,818,565.06	\$18,498,740.37
40	2062	\$14,702,004.63	\$624,094.27	\$3,986,617.35	\$19,312,716.25
41	2063	\$15,348,791.21	\$651,652.42	\$4,162,065.68	\$20,162,509.31
42	2064	\$16,024,032.59	\$680,427.49	\$4,345,235.57	\$21,049,695.65
43	2065	\$16,728,980.64	\$710,473.23	\$4,536,466.86	\$21,975,920.73
44	2066	\$17,464,942.33	\$741,845.74	\$4,736,114.33	\$22,942,902.40
45	2067	\$18,233,282.09	\$774,603.61	\$4,944,548.41	\$23,952,434.11
46	2068	\$19,035,424.41	\$808,808.02	\$5,162,155.80	\$25,006,388.24
47	2069	\$19,872,856.45	\$844,522.86	\$5,389,340.24	\$26,106,719.55
48	2070	\$20,747,130.79	\$881,814.82	\$5,626,523.23	\$27,255,468.83
49	2071	\$21,659,868.31	\$920,753.54	\$5,874,144.82	\$28,454,766.67
50	2072	\$22,612,761.24	\$961,411.75	\$6,132,664.44	\$29,706,837.42

Media Congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			2.17%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	\$6.07	\$17.20	\$12.10	-	-	-	
1	2023	\$6.20	\$17.57	\$12.36	\$12,588,526.08	\$215,487.85	\$1,762,207.67	\$14,566,221.60
2	2024	\$6.33	\$17.95	\$12.63	\$13,140,795.93	\$224,941.49	\$1,839,517.28	\$15,205,254.70
3	2025	\$6.47	\$18.34	\$12.91	\$13,717,294.34	\$234,809.88	\$1,920,218.55	\$15,872,322.76
4	2026	\$6.61	\$18.74	\$13.19	\$14,319,084.25	\$245,111.19	\$2,004,460.24	\$16,568,655.69
5	2027	\$6.76	\$19.14	\$13.47	\$14,947,275.22	\$255,864.44	\$2,092,397.70	\$17,295,537.36
6	2028	\$6.90	\$19.56	\$13.76	\$15,603,025.49	\$267,089.44	\$2,184,193.05	\$18,054,307.97

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

7	2029	\$7.05	\$19.98	\$14.06	\$16,287,544.10	\$278,806.89	\$2,280,015.54	\$18,846,366.53
8	2030	\$7.20	\$20.42	\$14.37	\$17,002,093.16	\$291,038.40	\$2,380,041.85	\$19,673,173.41
9	2031	\$7.36	\$20.86	\$14.68	\$17,747,990.12	\$303,806.51	\$2,484,456.40	\$20,536,253.03
10	2032	\$7.52	\$21.31	\$15.00	\$18,526,610.24	\$317,134.77	\$2,593,451.72	\$21,437,196.73
11	2033	\$7.68	\$21.78	\$15.32	\$19,339,389.12	\$331,047.76	\$2,707,228.75	\$22,377,665.63
12	2034	\$7.85	\$22.25	\$15.66	\$20,187,825.33	\$345,571.12	\$2,825,997.29	\$23,359,393.74
13	2035	\$8.02	\$22.73	\$16.00	\$21,073,483.20	\$360,731.63	\$2,949,976.30	\$24,384,191.13
14	2036	\$8.19	\$23.22	\$16.34	\$21,997,995.66	\$376,557.25	\$3,079,394.39	\$25,453,947.30
15	2037	\$8.37	\$23.73	\$16.70	\$22,963,067.31	\$393,077.15	\$3,214,490.16	\$26,570,634.62
16	2038	\$8.55	\$24.24	\$17.06	\$23,970,477.51	\$410,321.80	\$3,355,512.71	\$27,736,312.01
17	2039	\$8.74	\$24.77	\$17.43	\$25,022,083.69	\$428,322.98	\$3,502,722.04	\$28,953,128.70
18	2040	\$8.93	\$25.31	\$17.81	\$26,119,824.77	\$447,113.89	\$3,656,389.57	\$30,223,328.23
19	2041	\$9.12	\$25.86	\$18.19	\$27,265,724.73	\$466,729.17	\$3,816,798.63	\$31,549,252.53
20	2042	\$9.32	\$26.42	\$18.59	\$28,461,896.34	\$487,205.00	\$3,984,244.99	\$32,933,346.32
21	2043	\$9.52	\$26.99	\$18.99	\$29,710,545.06	\$508,579.11	\$4,159,037.36	\$34,378,161.53
22	2044	\$9.73	\$27.58	\$19.40	\$31,013,973.12	\$530,890.93	\$4,341,498.03	\$35,886,362.08
23	2045	\$9.94	\$28.17	\$19.83	\$32,374,583.72	\$554,181.59	\$4,531,963.41	\$37,460,728.72
24	2046	\$10.16	\$28.78	\$20.26	\$33,794,885.52	\$578,494.03	\$4,730,784.68	\$39,104,164.23
25	2047	\$10.38	\$29.41	\$20.70	\$35,277,497.23	\$603,873.08	\$4,938,328.41	\$40,819,698.72
26	2048	\$10.60	\$30.05	\$21.14	\$36,825,152.43	\$630,365.53	\$5,154,977.28	\$42,610,495.23
27	2049	\$10.83	\$30.70	\$21.60	\$38,440,704.64	\$658,020.22	\$5,381,130.72	\$44,479,855.58
28	2050	\$11.07	\$31.37	\$22.07	\$40,127,132.56	\$686,888.16	\$5,617,205.71	\$46,431,226.43
29	2051	\$11.31	\$32.05	\$22.55	\$41,887,545.58	\$717,022.55	\$5,863,637.53	\$48,468,205.66
30	2052	\$11.55	\$32.74	\$23.04	\$43,725,189.48	\$748,478.97	\$6,120,880.52	\$50,594,548.98
31	2053	\$11.80	\$33.45	\$23.54	\$45,643,452.46	\$781,315.41	\$6,389,409.00	\$52,814,176.87
32	2054	\$12.06	\$34.18	\$24.05	\$47,645,871.35	\$815,592.41	\$6,669,718.06	\$55,131,181.81
33	2055	\$12.32	\$34.92	\$24.57	\$49,736,138.13	\$851,373.17	\$6,962,324.53	\$57,549,835.83
34	2056	\$12.59	\$35.68	\$25.11	\$51,918,106.77	\$888,723.67	\$7,267,767.90	\$60,074,598.34
35	2057	\$12.86	\$36.45	\$25.65	\$54,195,800.32	\$927,712.77	\$7,586,611.35	\$62,710,124.44
36	2058	\$13.14	\$37.24	\$26.21	\$56,573,418.32	\$968,412.36	\$7,919,442.74	\$65,461,273.41
37	2059	\$13.43	\$38.05	\$26.78	\$59,055,344.53	\$1,010,897.47	\$8,266,875.74	\$68,333,117.73
38	2060	\$13.72	\$38.88	\$27.36	\$61,646,155.05	\$1,055,246.44	\$8,629,550.93	\$71,330,952.43
39	2061	\$14.02	\$39.72	\$27.95	\$64,350,626.74	\$1,101,541.04	\$9,008,137.01	\$74,460,304.79
40	2062	\$14.32	\$40.58	\$28.56	\$67,173,746.01	\$1,149,866.63	\$9,403,332.00	\$77,726,944.63
41	2063	\$14.63	\$41.46	\$29.18	\$70,120,718.03	\$1,200,312.30	\$9,815,864.55	\$81,136,894.87
42	2064	\$14.95	\$42.36	\$29.81	\$73,196,976.34	\$1,252,971.07	\$10,246,495.26	\$84,696,442.66
43	2065	\$15.27	\$43.28	\$30.46	\$76,408,192.83	\$1,307,940.02	\$10,696,018.13	\$88,412,150.98
44	2066	\$15.60	\$44.22	\$31.12	\$79,760,288.26	\$1,365,320.52	\$11,165,261.96	\$92,290,870.73
45	2067	\$15.94	\$45.18	\$31.79	\$83,259,443.09	\$1,425,218.34	\$11,655,091.94	\$96,339,753.37
46	2068	\$16.29	\$46.16	\$32.48	\$86,912,108.96	\$1,487,743.94	\$12,166,411.20	\$100,566,264.09
47	2069	\$16.64	\$47.16	\$33.19	\$90,725,020.53	\$1,553,012.59	\$12,700,162.48	\$104,978,195.60
48	2070	\$17.00	\$48.19	\$33.91	\$94,705,207.92	\$1,621,144.63	\$13,257,329.92	\$109,583,682.47
49	2071	\$17.37	\$49.23	\$34.64	\$98,860,009.68	\$1,692,265.69	\$13,838,940.78	\$114,391,216.15
50	2072	\$17.75	\$50.30	\$35.40	\$103,197,086.29	\$1,766,506.89	\$14,446,067.43	\$119,409,660.61

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

		Valor Tiempo						
Velocidad de Recorrido (km/hr)			Situación Sin Proyecto			Total		
Año	A	B	C	A	B		C	
0	2021				-	-	-	-
0	2022	63.00	60.00	43.00	-	-	-	-
1	2023	61.63	58.70	42.07	\$4,672,950.53	\$340,826.12	\$1,016,542.94	\$6,030,319.60
2	2024	60.30	57.42	41.15	\$4,880,255.10	\$355,946.08	\$1,061,639.50	\$6,297,840.68
3	2025	58.99	56.18	40.26	\$5,096,756.24	\$371,736.80	\$1,108,736.67	\$6,577,229.71
4	2026	57.71	54.96	39.39	\$5,322,861.96	\$388,228.03	\$1,157,923.18	\$6,869,013.18
5	2027	56.45	53.77	38.53	\$5,558,998.32	\$405,450.87	\$1,209,291.75	\$7,173,740.94
6	2028	55.23	52.60	37.70	\$5,805,610.33	\$423,437.75	\$1,262,939.16	\$7,491,987.24
7	2029	54.03	51.46	36.88	\$6,063,162.71	\$442,222.58	\$1,318,966.51	\$7,824,351.80
8	2030	52.86	50.34	36.08	\$6,332,140.79	\$461,840.75	\$1,377,479.39	\$8,171,460.94
9	2031	51.71	49.25	35.30	\$6,613,051.47	\$482,329.24	\$1,438,588.05	\$8,533,968.76
10	2032	50.59	48.18	34.53	\$6,906,424.08	\$503,726.65	\$1,502,407.66	\$8,912,558.40
11	2033	49.49	47.14	33.78	\$7,212,811.50	\$526,073.31	\$1,569,058.47	\$9,307,943.29
12	2034	48.42	46.11	33.05	\$7,532,791.07	\$549,411.33	\$1,638,666.10	\$9,720,868.50
13	2035	47.37	45.11	32.33	\$7,866,965.80	\$573,784.68	\$1,711,361.70	\$10,152,112.18
14	2036	46.34	44.13	31.63	\$8,215,965.40	\$599,239.30	\$1,787,282.27	\$10,602,486.98
15	2037	45.33	43.17	30.94	\$8,580,447.57	\$625,823.16	\$1,866,570.89	\$11,072,841.61
16	2038	44.35	42.24	30.27	\$8,961,099.13	\$653,586.35	\$1,949,376.96	\$11,564,062.43
17	2039	43.39	41.32	29.61	\$9,358,637.41	\$682,581.18	\$2,035,856.52	\$12,077,075.12
18	2040	42.45	40.42	28.97	\$9,773,811.55	\$712,862.31	\$2,126,172.55	\$12,612,846.41
19	2041	41.52	39.55	28.34	\$10,207,403.93	\$744,486.78	\$2,220,495.25	\$13,172,385.96
20	2042	40.62	38.69	27.73	\$10,660,231.62	\$777,514.20	\$2,319,002.34	\$13,756,748.17
21	2043	39.74	37.85	27.13	\$11,133,147.96	\$812,006.81	\$2,421,879.48	\$14,367,034.25
22	2044	38.88	37.03	26.54	\$11,627,044.13	\$848,029.60	\$2,529,320.52	\$15,004,394.24
23	2045	38.04	36.23	25.96	\$12,142,850.85	\$885,650.46	\$2,641,527.93	\$15,670,029.23
24	2046	37.21	35.44	25.40	\$12,681,540.13	\$924,940.27	\$2,758,713.16	\$16,365,193.57
25	2047	36.40	34.67	24.85	\$13,244,127.11	\$965,973.09	\$2,881,097.04	\$17,091,197.25
26	2048	35.61	33.92	24.31	\$13,831,671.95	\$1,008,826.24	\$3,008,910.20	\$17,849,408.39
27	2049	34.84	33.18	23.78	\$14,445,281.85	\$1,053,580.47	\$3,142,393.49	\$18,641,255.80
28	2050	34.08	32.46	23.26	\$15,086,113.12	\$1,100,320.11	\$3,281,798.46	\$19,468,231.68
29	2051	33.34	31.76	22.76	\$15,755,373.38	\$1,149,133.25	\$3,427,387.80	\$20,331,894.42
30	2052	32.62	31.07	22.27	\$16,454,323.80	\$1,200,111.86	\$3,579,435.87	\$21,233,871.54
31	2053	31.91	30.39	21.78	\$17,184,281.54	\$1,253,352.03	\$3,738,229.20	\$22,175,862.78
32	2054	31.22	29.73	21.31	\$17,946,622.15	\$1,308,954.07	\$3,904,067.03	\$23,159,643.26
33	2055	30.54	29.09	20.85	\$18,742,782.23	\$1,367,022.77	\$4,077,261.87	\$24,187,066.87
34	2056	29.88	28.46	20.39	\$19,574,262.09	\$1,427,667.55	\$4,258,140.09	\$25,260,069.73
35	2057	29.23	27.84	19.95	\$20,442,628.62	\$1,491,002.70	\$4,447,042.55	\$26,380,673.87
36	2058	28.60	27.24	19.52	\$21,349,518.20	\$1,557,147.56	\$4,644,325.24	\$27,550,990.99
37	2059	27.98	26.65	19.10	\$22,296,639.83	\$1,626,226.78	\$4,850,359.90	\$28,773,226.51
38	2060	27.37	26.07	18.68	\$23,285,778.30	\$1,698,370.54	\$5,065,534.82	\$30,049,683.66
39	2061	26.78	25.50	18.28	\$24,318,797.60	\$1,773,714.79	\$5,290,255.47	\$31,382,767.86
40	2062	26.20	24.95	17.88	\$25,397,644.39	\$1,852,401.52	\$5,524,945.32	\$32,774,991.23
41	2063	25.63	24.41	17.49	\$26,524,351.71	\$1,934,578.99	\$5,770,046.65	\$34,228,977.35

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

42	2064	25.07	23.88	17.11	\$27,701,042.77	\$2,020,402.08	\$6,026,021.33	\$35,747,466.18
43	2065	24.53	23.36	16.74	\$28,929,934.99	\$2,110,032.51	\$6,293,351.72	\$37,333,319.22
44	2066	23.99	22.85	16.38	\$30,213,344.14	\$2,203,639.19	\$6,572,541.61	\$38,989,524.94
45	2067	23.47	22.36	16.02	\$31,553,688.76	\$2,301,398.51	\$6,864,117.10	\$40,719,204.36
46	2068	22.96	21.87	15.67	\$32,953,494.64	\$2,403,494.69	\$7,168,627.66	\$42,525,616.99
47	2069	22.47	21.40	15.33	\$34,415,399.64	\$2,510,120.13	\$7,486,647.12	\$44,412,166.90
48	2070	21.98	20.93	15.00	\$35,942,158.66	\$2,621,475.76	\$7,818,774.78	\$46,382,409.20
49	2071	21.50	20.48	14.68	\$37,536,648.78	\$2,737,771.43	\$8,165,636.50	\$48,440,056.71
50	2072	21.04	20.03	14.36	\$39,201,874.74	\$2,859,226.28	\$8,527,885.94	\$50,588,986.96

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	-	-	-	-
0	2022	-	-	-	-
1	2023	\$17,261,476.62	\$556,313.97	\$2,778,750.61	\$20,596,541.20
2	2024	\$18,021,051.02	\$580,887.57	\$2,901,156.79	\$21,503,095.38
3	2025	\$18,814,050.58	\$606,546.67	\$3,028,955.21	\$22,449,552.47
4	2026	\$19,641,946.21	\$633,339.23	\$3,162,383.43	\$23,437,668.86
5	2027	\$20,506,273.54	\$661,315.31	\$3,301,689.45	\$24,469,278.30
6	2028	\$21,408,635.82	\$690,527.19	\$3,447,132.21	\$25,546,295.22
7	2029	\$22,350,706.81	\$721,029.47	\$3,598,982.05	\$26,670,718.33
8	2030	\$23,334,233.95	\$752,879.15	\$3,757,521.24	\$27,844,634.34
9	2031	\$24,361,041.58	\$786,135.75	\$3,923,044.46	\$29,070,221.79
10	2032	\$25,433,034.32	\$820,861.43	\$4,095,859.38	\$30,349,755.13
11	2033	\$26,552,200.62	\$857,121.07	\$4,276,287.23	\$31,685,608.92
12	2034	\$27,720,616.40	\$894,982.45	\$4,464,663.38	\$33,080,262.24
13	2035	\$28,940,448.99	\$934,516.32	\$4,661,338.00	\$34,536,303.31
14	2036	\$30,213,961.06	\$975,796.55	\$4,866,676.66	\$36,056,434.28
15	2037	\$31,543,514.87	\$1,018,900.31	\$5,081,061.05	\$37,643,476.23
16	2038	\$32,931,576.63	\$1,063,908.14	\$5,304,889.66	\$39,300,374.44
17	2039	\$34,380,721.10	\$1,110,904.16	\$5,538,578.56	\$41,030,203.82
18	2040	\$35,893,636.32	\$1,159,976.19	\$5,782,562.12	\$42,836,174.64
19	2041	\$37,473,128.66	\$1,211,215.95	\$6,037,293.88	\$44,721,638.49
20	2042	\$39,122,127.96	\$1,264,719.20	\$6,303,247.33	\$46,690,094.49
21	2043	\$40,843,693.02	\$1,320,585.92	\$6,580,916.84	\$48,745,195.78
22	2044	\$42,641,017.24	\$1,378,920.53	\$6,870,818.55	\$50,890,756.32
23	2045	\$44,517,434.57	\$1,439,832.04	\$7,173,491.34	\$53,130,757.95
24	2046	\$46,476,425.65	\$1,503,434.30	\$7,489,497.84	\$55,469,357.80
25	2047	\$48,521,624.34	\$1,569,846.17	\$7,819,425.46	\$57,910,895.97
26	2048	\$50,656,824.38	\$1,639,191.77	\$8,163,887.48	\$60,459,903.62
27	2049	\$52,885,986.49	\$1,711,600.69	\$8,523,524.21	\$63,121,111.38
28	2050	\$55,213,245.68	\$1,787,208.26	\$8,899,004.17	\$65,899,458.11
29	2051	\$57,642,918.96	\$1,866,155.80	\$9,291,025.32	\$68,800,100.08
30	2052	\$60,179,513.29	\$1,948,590.83	\$9,700,316.39	\$71,828,420.52
31	2053	\$62,827,734.00	\$2,034,667.44	\$10,127,638.20	\$74,990,039.64
32	2054	\$65,592,493.50	\$2,124,546.48	\$10,573,785.09	\$78,290,825.07
33	2055	\$68,478,920.35	\$2,218,395.94	\$11,039,586.39	\$81,736,902.69

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

34	2056	\$71,492,368.86	\$2,316,391.22	\$11,525,907.99	\$85,334,668.07
35	2057	\$74,638,428.94	\$2,418,715.47	\$12,033,653.90	\$89,090,798.30
36	2058	\$77,922,936.52	\$2,525,559.91	\$12,563,767.97	\$93,012,264.40
37	2059	\$81,351,984.36	\$2,637,124.25	\$13,117,235.64	\$97,106,344.25
38	2060	\$84,931,933.36	\$2,753,616.98	\$13,695,085.75	\$101,380,636.09
39	2061	\$88,669,424.34	\$2,875,255.83	\$14,298,392.48	\$105,843,072.66
40	2062	\$92,571,390.40	\$3,002,268.14	\$14,928,277.33	\$110,501,935.87
41	2063	\$96,645,069.74	\$3,134,891.29	\$15,585,911.20	\$115,365,872.23
42	2064	\$100,898,019.10	\$3,273,373.15	\$16,272,516.59	\$120,443,908.84
43	2065	\$105,338,127.82	\$3,417,972.54	\$16,989,369.85	\$125,745,470.20
44	2066	\$109,973,632.40	\$3,568,959.70	\$17,737,803.57	\$131,280,395.67
45	2067	\$114,813,131.84	\$3,726,616.85	\$18,519,209.04	\$137,058,957.73
46	2068	\$119,865,603.59	\$3,891,238.63	\$19,335,038.86	\$143,091,881.08
47	2069	\$125,140,420.17	\$4,063,132.72	\$20,186,809.61	\$149,390,362.50
48	2070	\$130,647,366.58	\$4,242,620.40	\$21,076,104.70	\$155,966,091.67
49	2071	\$136,396,658.46	\$4,430,037.12	\$22,004,577.28	\$162,831,272.86
50	2072	\$142,398,961.03	\$4,625,733.17	\$22,973,953.37	\$169,998,647.57

Alta congestión

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			2.17%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	\$6.65	\$17.98	\$12.29	-	-	-	
1	2023	\$6.80	\$18.37	\$12.55	\$38,838,291.63	\$550,017.90	\$6,405,458.54	\$45,793,768.07
2	2024	\$6.94	\$18.77	\$12.83	\$40,542,162.05	\$574,147.67	\$6,686,471.70	\$47,802,781.43
3	2025	\$7.09	\$19.18	\$13.10	\$42,320,782.78	\$599,336.04	\$6,979,813.17	\$49,899,931.99
4	2026	\$7.25	\$19.59	\$13.39	\$44,177,433.19	\$625,629.45	\$7,286,023.78	\$52,089,086.42
5	2027	\$7.41	\$20.02	\$13.68	\$46,115,536.50	\$653,076.37	\$7,605,668.13	\$54,374,281.00
6	2028	\$7.57	\$20.45	\$13.98	\$48,138,666.13	\$681,727.41	\$7,939,335.56	\$56,759,729.10
7	2029	\$7.73	\$20.90	\$14.28	\$50,250,552.26	\$711,635.40	\$8,287,641.28	\$59,249,828.93
8	2030	\$7.90	\$21.35	\$14.59	\$52,455,088.71	\$742,855.48	\$8,651,227.48	\$61,849,171.66
9	2031	\$8.07	\$21.81	\$14.91	\$54,756,340.13	\$775,445.21	\$9,030,764.53	\$64,562,549.87
10	2032	\$8.25	\$22.29	\$15.23	\$57,158,549.51	\$809,464.68	\$9,426,952.20	\$67,394,966.39
11	2033	\$8.42	\$22.77	\$15.56	\$59,666,145.95	\$844,976.62	\$9,840,520.99	\$70,351,643.55
12	2034	\$8.61	\$23.26	\$15.90	\$62,283,752.87	\$882,046.49	\$10,272,233.40	\$73,438,032.76
13	2035	\$8.79	\$23.77	\$16.24	\$65,016,196.54	\$920,742.66	\$10,722,885.42	\$76,659,824.62
14	2036	\$8.98	\$24.29	\$16.59	\$67,868,514.95	\$961,136.46	\$11,193,307.95	\$80,022,959.36
15	2037	\$9.18	\$24.81	\$16.95	\$70,845,967.10	\$1,003,302.37	\$11,684,368.33	\$83,533,637.80
16	2038	\$9.38	\$25.35	\$17.32	\$73,954,042.73	\$1,047,318.14	\$12,196,971.97	\$87,198,332.84
17	2039	\$9.58	\$25.90	\$17.70	\$77,198,472.41	\$1,093,264.92	\$12,732,063.98	\$91,023,801.31
18	2040	\$9.79	\$26.46	\$18.08	\$80,585,238.10	\$1,141,227.42	\$13,290,630.96	\$95,017,096.48
19	2041	\$10.00	\$27.04	\$18.47	\$84,120,584.21	\$1,191,294.08	\$13,873,702.77	\$99,185,581.07
20	2042	\$10.22	\$27.62	\$18.88	\$87,811,029.11	\$1,243,557.21	\$14,482,354.46	\$103,536,940.78

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

21	2043	\$10.44	\$28.22	\$19.29	\$91,663,377.11	\$1,298,113.18	\$15,117,708.24	\$108,079,198.53
22	2044	\$10.67	\$28.84	\$19.70	\$95,684,731.04	\$1,355,062.56	\$15,780,935.55	\$112,820,729.15
23	2045	\$10.90	\$29.46	\$20.13	\$99,882,505.35	\$1,414,510.36	\$16,473,259.24	\$117,770,274.95
24	2046	\$11.14	\$30.10	\$20.57	\$104,264,439.76	\$1,476,566.19	\$17,195,955.79	\$122,936,961.73
25	2047	\$11.38	\$30.75	\$21.01	\$108,838,613.53	\$1,541,344.46	\$17,950,357.67	\$128,330,315.66
26	2048	\$11.62	\$31.42	\$21.47	\$113,613,460.37	\$1,608,964.61	\$18,737,855.84	\$133,960,280.82
27	2049	\$11.88	\$32.10	\$21.94	\$118,597,783.99	\$1,679,551.32	\$19,559,902.25	\$139,837,237.56
28	2050	\$12.13	\$32.80	\$22.41	\$123,800,774.33	\$1,753,234.73	\$20,418,012.57	\$145,972,021.63
29	2051	\$12.40	\$33.51	\$22.90	\$129,232,024.48	\$1,830,150.70	\$21,313,768.95	\$152,375,944.13
30	2052	\$12.67	\$34.24	\$23.40	\$134,901,548.41	\$1,910,441.04	\$22,248,822.97	\$159,060,812.42
31	2053	\$12.94	\$34.98	\$23.90	\$140,819,799.40	\$1,994,253.79	\$23,224,898.63	\$166,038,951.82
32	2054	\$13.22	\$35.74	\$24.42	\$146,997,689.33	\$2,081,743.48	\$24,243,795.61	\$173,323,228.41
33	2055	\$13.51	\$36.52	\$24.95	\$153,446,608.79	\$2,173,071.42	\$25,307,392.50	\$180,927,072.70
34	2056	\$13.80	\$37.31	\$25.49	\$160,178,448.08	\$2,268,405.99	\$26,417,650.33	\$188,864,504.41
35	2057	\$14.10	\$38.12	\$26.05	\$167,205,619.16	\$2,367,922.98	\$27,576,616.16	\$197,150,158.30
36	2058	\$14.41	\$38.95	\$26.61	\$174,541,078.49	\$2,471,805.87	\$28,786,426.85	\$205,799,311.21
37	2059	\$14.72	\$39.79	\$27.19	\$182,198,350.94	\$2,580,246.20	\$30,049,313.02	\$214,827,910.16
38	2060	\$15.04	\$40.65	\$27.78	\$190,191,554.75	\$2,693,443.89	\$31,367,603.13	\$224,252,601.77
39	2061	\$15.37	\$41.54	\$28.38	\$198,535,427.53	\$2,811,607.67	\$32,743,727.79	\$234,090,763.00
40	2062	\$15.70	\$42.44	\$29.00	\$207,245,353.43	\$2,934,955.40	\$34,180,224.27	\$244,360,533.11
41	2063	\$16.04	\$43.36	\$29.63	\$216,337,391.54	\$3,063,714.51	\$35,679,741.13	\$255,080,847.18
42	2064	\$16.39	\$44.30	\$30.27	\$225,828,305.44	\$3,198,122.39	\$37,245,043.13	\$266,271,470.96
43	2065	\$16.74	\$45.26	\$30.93	\$235,735,594.19	\$3,338,426.87	\$38,879,016.32	\$277,953,037.38
44	2066	\$17.11	\$46.24	\$31.60	\$246,077,524.51	\$3,484,886.63	\$40,584,673.37	\$290,147,084.51
45	2067	\$17.48	\$47.25	\$32.28	\$256,873,164.52	\$3,637,771.70	\$42,365,159.11	\$302,876,095.33
46	2068	\$17.86	\$48.27	\$32.98	\$268,142,418.87	\$3,797,363.99	\$44,223,756.34	\$316,163,539.20
47	2069	\$18.25	\$49.32	\$33.70	\$279,906,065.43	\$3,963,957.72	\$46,163,891.89	\$330,033,915.05
48	2070	\$18.64	\$50.39	\$34.43	\$292,185,793.63	\$4,137,860.08	\$48,189,142.92	\$344,512,796.63
49	2071	\$19.05	\$51.48	\$35.18	\$305,004,244.45	\$4,319,391.68	\$50,303,243.51	\$359,626,879.63
50	2072	\$19.46	\$52.60	\$35.94	\$318,385,052.10	\$4,508,887.24	\$52,510,091.57	\$375,404,030.91

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
Año	A	B	C	Valor Tiempo				
	A	B	C	A	B	C		
0	2021				-	-	-	-
0	2022	45.00	42.00	40.00	-	-	-	-
1	2023	44.02	41.09	39.13	\$18,410,120.81	\$1,188,437.26	\$3,911,803.90	\$23,510,361.96
2	2024	43.07	40.20	38.28	\$19,226,842.92	\$1,241,159.51	\$4,085,341.96	\$24,553,344.39
3	2025	42.13	39.32	37.45	\$20,079,797.01	\$1,296,220.66	\$4,266,578.64	\$25,642,596.30
4	2026	41.22	38.47	36.64	\$20,970,590.42	\$1,353,724.47	\$4,455,855.46	\$26,780,170.34
5	2027	40.32	37.64	35.84	\$21,900,901.80	\$1,413,779.30	\$4,653,529.10	\$27,968,210.20
6	2028	39.45	36.82	35.07	\$22,872,484.27	\$1,476,498.32	\$4,859,972.08	\$29,208,954.68
7	2029	38.59	36.02	34.31	\$23,887,168.74	\$1,541,999.73	\$5,075,573.42	\$30,504,741.89
8	2030	37.76	35.24	33.56	\$24,946,867.33	\$1,610,406.96	\$5,300,739.41	\$31,858,013.69
9	2031	36.94	34.47	32.83	\$26,053,576.97	\$1,681,848.91	\$5,535,894.36	\$33,271,320.23

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

10	2032	36.14	33.73	32.12	\$27,209,383.20	\$1,756,460.22	\$5,781,481.41	\$34,747,324.83
11	2033	35.35	32.99	31.42	\$28,416,464.09	\$1,834,381.48	\$6,037,963.36	\$36,288,808.93
12	2034	34.58	32.28	30.74	\$29,677,094.31	\$1,915,759.54	\$6,305,823.54	\$37,898,677.39
13	2035	33.83	31.58	30.07	\$30,993,649.45	\$2,000,747.75	\$6,585,566.71	\$39,579,963.90
14	2036	33.10	30.89	29.42	\$32,368,610.49	\$2,089,506.26	\$6,877,720.03	\$41,335,836.78
15	2037	32.38	30.22	28.78	\$33,804,568.47	\$2,182,202.34	\$7,182,834.05	\$43,169,604.86
16	2038	31.68	29.57	28.16	\$35,304,229.38	\$2,279,010.66	\$7,501,483.75	\$45,084,723.79
17	2039	30.99	28.93	27.55	\$36,870,419.26	\$2,380,113.66	\$7,834,269.60	\$47,084,802.52
18	2040	30.32	28.30	26.95	\$38,506,089.50	\$2,485,701.85	\$8,181,818.71	\$49,173,610.07
19	2041	29.66	27.68	26.37	\$40,214,322.44	\$2,595,974.23	\$8,544,786.04	\$51,355,082.70
20	2042	29.02	27.08	25.79	\$41,998,337.15	\$2,711,138.57	\$8,923,855.56	\$53,633,331.29
21	2043	28.39	26.49	25.23	\$43,861,495.52	\$2,831,411.92	\$9,319,741.62	\$56,012,649.06
22	2044	27.77	25.92	24.69	\$45,807,308.57	\$2,957,020.91	\$9,733,190.24	\$58,497,519.72
23	2045	27.17	25.36	24.15	\$47,839,443.08	\$3,088,202.25	\$10,164,980.55	\$61,092,625.88
24	2046	26.58	24.81	23.63	\$49,961,728.50	\$3,225,203.15	\$10,615,926.22	\$63,802,857.88
25	2047	26.00	24.27	23.11	\$52,178,164.18	\$3,368,281.77	\$11,086,877.05	\$66,633,323.00
26	2048	25.44	23.74	22.61	\$54,492,926.85	\$3,517,707.75	\$11,578,720.52	\$69,589,355.12
27	2049	24.89	23.23	22.12	\$56,910,378.58	\$3,673,762.65	\$12,092,383.48	\$72,676,524.71
28	2050	24.35	22.72	21.64	\$59,435,074.92	\$3,836,740.57	\$12,628,833.90	\$75,900,649.39
29	2051	23.82	22.23	21.17	\$62,071,773.53	\$4,006,948.63	\$13,189,082.68	\$79,267,804.85
30	2052	23.30	21.75	20.71	\$64,825,443.13	\$4,184,707.57	\$13,774,185.61	\$82,784,336.31
31	2053	22.80	21.28	20.26	\$67,701,272.87	\$4,370,352.37	\$14,385,245.26	\$86,456,870.50
32	2054	22.30	20.81	19.82	\$70,704,682.09	\$4,564,232.87	\$15,023,413.14	\$90,292,328.11
33	2055	21.82	20.36	19.39	\$73,841,330.57	\$4,766,714.43	\$15,689,891.86	\$94,297,936.86
34	2056	21.34	19.92	18.97	\$77,117,129.14	\$4,978,178.60	\$16,385,937.36	\$98,481,245.10
35	2057	20.88	19.49	18.56	\$80,538,250.89	\$5,199,023.90	\$17,112,861.29	\$102,850,136.08
36	2058	20.43	19.07	18.16	\$84,111,142.73	\$5,429,666.48	\$17,872,033.50	\$107,412,842.72
37	2059	19.98	18.65	17.76	\$87,842,537.59	\$5,670,540.98	\$18,664,884.63	\$112,177,963.20
38	2060	19.55	18.25	17.38	\$91,739,467.10	\$5,922,101.32	\$19,492,908.74	\$117,154,477.16
39	2061	19.13	17.85	17.00	\$95,809,274.80	\$6,184,821.55	\$20,357,666.22	\$122,351,762.56
40	2062	18.71	17.46	16.63	\$100,059,630.03	\$6,459,196.74	\$21,260,786.65	\$127,779,613.42
41	2063	18.30	17.08	16.27	\$104,498,542.37	\$6,745,743.96	\$22,203,971.91	\$133,448,258.24
42	2064	17.91	16.71	15.92	\$109,134,376.72	\$7,045,003.17	\$23,188,999.39	\$139,368,379.27
43	2065	17.52	16.35	15.57	\$113,975,869.05	\$7,357,538.32	\$24,217,725.31	\$145,551,132.68
44	2066	17.14	16.00	15.23	\$119,032,142.91	\$7,683,938.36	\$25,292,088.27	\$152,008,169.54
45	2067	16.77	15.65	14.90	\$124,312,726.58	\$8,024,818.39	\$26,414,112.83	\$158,751,657.79
46	2068	16.40	15.31	14.58	\$129,827,571.03	\$8,380,820.75	\$27,585,913.40	\$165,794,305.19
47	2069	16.05	14.98	14.26	\$135,587,068.72	\$8,752,616.34	\$28,809,698.17	\$173,149,383.23
48	2070	15.70	14.65	13.95	\$141,602,073.09	\$9,140,905.77	\$30,087,773.30	\$180,830,752.16
49	2071	15.36	14.33	13.65	\$147,883,919.12	\$9,546,420.75	\$31,422,547.26	\$188,852,887.14
50	2072	15.03	14.02	13.36	\$154,444,444.62	\$9,969,925.47	\$32,816,535.35	\$197,230,905.43

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

		CGV'S Anuales (\$)			
Año		A	B	C	Total
0	2021	-	-	-	-
0	2022	-	-	-	-
1	2023	\$57,248,412.44	\$1,738,455.16	\$10,317,262.43	\$69,304,130.03
2	2024	\$59,769,004.97	\$1,815,307.18	\$10,771,813.67	\$72,356,125.82
3	2025	\$62,400,579.79	\$1,895,556.70	\$11,246,391.81	\$75,542,528.30
4	2026	\$65,148,023.60	\$1,979,353.92	\$11,741,879.24	\$78,869,256.76
5	2027	\$68,016,438.30	\$2,066,855.67	\$12,259,197.24	\$82,342,491.20
6	2028	\$71,011,150.40	\$2,158,225.73	\$12,799,307.64	\$85,968,683.78
7	2029	\$74,137,721.00	\$2,253,635.13	\$13,363,214.70	\$89,754,570.83
8	2030	\$77,401,956.03	\$2,353,262.43	\$13,951,966.88	\$93,707,185.35
9	2031	\$80,809,917.10	\$2,457,294.12	\$14,566,658.88	\$97,833,870.10
10	2032	\$84,367,932.71	\$2,565,924.90	\$15,208,433.62	\$102,142,291.22
11	2033	\$88,082,610.04	\$2,679,358.10	\$15,878,484.35	\$106,640,452.48
12	2034	\$91,960,847.18	\$2,797,806.03	\$16,578,056.94	\$111,336,710.15
13	2035	\$96,009,845.99	\$2,921,490.41	\$17,308,452.13	\$116,239,788.53
14	2036	\$100,237,125.44	\$3,050,642.72	\$18,071,027.98	\$121,358,796.13
15	2037	\$104,650,535.57	\$3,185,504.71	\$18,867,202.38	\$126,703,242.67
16	2038	\$109,258,272.12	\$3,326,328.80	\$19,698,455.72	\$132,283,056.63
17	2039	\$114,068,891.67	\$3,473,378.57	\$20,566,333.58	\$138,108,603.82
18	2040	\$119,091,327.60	\$3,626,929.27	\$21,472,449.68	\$144,190,706.55
19	2041	\$124,334,906.65	\$3,787,268.31	\$22,418,488.81	\$150,540,663.77
20	2042	\$129,809,366.26	\$3,954,695.79	\$23,406,210.02	\$157,170,272.07
21	2043	\$135,524,872.63	\$4,129,525.09	\$24,437,449.86	\$164,091,847.58
22	2044	\$141,492,039.61	\$4,312,083.47	\$25,514,125.79	\$171,318,248.88
23	2045	\$147,721,948.43	\$4,502,712.61	\$26,638,239.79	\$178,862,900.83
24	2046	\$154,226,168.26	\$4,701,769.34	\$27,811,882.01	\$186,739,819.61
25	2047	\$161,016,777.70	\$4,909,626.23	\$29,037,234.73	\$194,963,638.66
26	2048	\$168,106,387.22	\$5,126,672.36	\$30,316,576.36	\$203,549,635.94
27	2049	\$175,508,162.57	\$5,353,313.97	\$31,652,285.73	\$212,513,762.27
28	2050	\$183,235,849.25	\$5,589,975.31	\$33,046,846.47	\$221,872,671.02
29	2051	\$191,303,798.01	\$5,837,099.33	\$34,502,851.64	\$231,643,748.98
30	2052	\$199,726,991.54	\$6,095,148.61	\$36,023,008.57	\$241,845,148.73
31	2053	\$208,521,072.27	\$6,364,606.16	\$37,610,143.89	\$252,495,822.32
32	2054	\$217,702,371.42	\$6,645,976.35	\$39,267,208.75	\$263,615,556.52
33	2055	\$227,287,939.36	\$6,939,785.84	\$40,997,284.36	\$275,225,009.56
34	2056	\$237,295,577.23	\$7,246,584.60	\$42,803,587.68	\$287,345,749.51
35	2057	\$247,743,870.05	\$7,566,946.88	\$44,689,477.45	\$300,000,294.38
36	2058	\$258,652,221.22	\$7,901,472.35	\$46,658,460.36	\$313,212,153.93
37	2059	\$270,040,888.53	\$8,250,787.18	\$48,714,197.65	\$327,005,873.36
38	2060	\$281,931,021.85	\$8,615,545.21	\$50,860,511.87	\$341,407,078.93
39	2061	\$294,344,702.33	\$8,996,429.22	\$53,101,394.01	\$356,442,525.56
40	2062	\$307,304,983.46	\$9,394,152.15	\$55,441,010.92	\$372,140,146.53
41	2063	\$320,835,933.91	\$9,809,458.47	\$57,883,713.04	\$388,529,105.41
42	2064	\$334,962,682.16	\$10,243,125.56	\$60,434,042.52	\$405,639,850.23
43	2065	\$349,711,463.24	\$10,695,965.19	\$63,096,741.63	\$423,504,170.06

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

44	2066	\$365,109,667.42	\$11,168,824.99	\$65,876,761.63	\$442,155,254.04
45	2067	\$381,185,891.10	\$11,662,590.09	\$68,779,271.94	\$461,627,753.12
46	2068	\$397,969,989.90	\$12,178,184.74	\$71,809,669.74	\$481,957,844.38
47	2069	\$415,493,134.14	\$12,716,574.06	\$74,973,590.06	\$503,183,298.27
48	2070	\$433,787,866.73	\$13,278,765.85	\$78,276,916.22	\$525,343,548.79
49	2071	\$452,888,163.57	\$13,865,812.44	\$81,725,790.76	\$548,479,766.77
50	2072	\$472,829,496.72	\$14,478,812.71	\$85,326,626.92	\$572,634,936.35

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

f) Alternativas de Solución

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

Para el caso del presente proyecto se considerará como Alternativa A la construcción de un PSV paralelo al existente para ampliar la capacidad geométrica a 4 carriles de circulación. El cual se construirá a base de trabes ASSHTO Tipo IV de concreto hidráulico y superficie de rodadura a base carpeta asfáltica.

Cabe mencionar que para la evaluación se consideró una tasa social de descuento de 10% conforme a lo señalado por la Unidad de Inversiones en su oficio circular número 400.1.410.14.009 de fecha 13 de enero de 2014.⁵

A continuación, se lleva a cabo el análisis de cada alternativa a partir del Valor Presente de los Costos, ya que la vida útil de las alternativas es la misma.

Alternativa A / Aceptada

La alternativa A consiste en la construcción de un puente paralelo al existente sobre las vías del FFCC México – Querétaro a base de vigas ASSHTO tipo IV de concreto hidráulico. El cual, busca ampliar la capacidad geométrica de 2 a 4 carriles de circulación (dos por sentido) y de esta manera evitar el congestionamiento generado por el cuello de botella formado en la entrada del mismo al reducir el número de carriles.

A lo largo de 1,000 metros de longitud del camino es necesario colocar señalamiento horizontal y vertical para indicar y visualizar la geometría del camino. Además, contará con obras de drenaje permitiendo canalizar el agua pluvial a zonas donde no dañe el pavimento.

Se implementará banquetas y guarniciones para resguardar la seguridad de los peatones y alumbrado público para facilitar el tránsito vehicular y peatonal.

⁵ Publicado en el DOF el 15 de mayo de 2014

Ventajas:

Las vigas AASHTO se distinguen por ser usadas ampliamente en la construcción de puentes debido a sus características inigualables para soportar pesos y cargas con una durabilidad óptima. A continuación, se enlistan algunas ventajas de ejecutar el proyecto a base de vigas tipo ASSTHO.

- Factores económicos: bajo costo inicial, bajo mantenimiento, rápida y fácil construcción y mínima interrupción del tráfico.
- Factores de ingeniería: diseño simple, relación claro/peralte mínimo, alta durabilidad, alta resistencia al fuego y excelentes características para transitar.
- Factores estéticos: los puentes de concreto presforzado pueden ser diseñados para adoptar formas y figuras que pueden ser muy atractivas desde el punto de vista estético.
- Tiene la posibilidad de construir puentes durante todas las épocas del año y en climas diversos.

Desventajas:

*Menor tiempo de vida útil

*El peso y volumen de la estructura es mayor

Periodo de Vida útil:

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

De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal la vida útil de estructuras de ingeniería civil como edificios y puentes corresponde a 50 años.

1. Mantenimiento

A continuación, se describen los trabajos correspondientes Al mantenimiento sobre las vías del FFCC México – Querétaro.

- **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, y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía así como de la estructura del puente superior vehicular.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.

*Limpieza de las juntas de dilatación: Conjunto de actividades que se realizan para retirar suelos, vegetación, basura y todo material que se acumule en las juntas de dilatación de puentes, con el propósito de evitar que generen esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras.

*Limpieza de parapetos, banquetas y camellones: actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos.

*Limpieza de estribos, columnas y pilas: Retiro de vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en dichos elementos. La limpieza de las pilas y estribos incluye la limpieza del cuerpo de estos elementos, las coronas y los dispositivos de apoyo.

*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.

*Calefateo de fisuras: Sellado de fisuras de hasta 3 mm de anchura, que se presenten en los elementos estructurales de concreto reforzado, mediante mortero con cemento portland o productos especiales de sellado, con el propósito de prevenir el contacto del agua con el acero de refuerzo evitando así su degradación o deterioro.

*Reparación de grietas: Reparación de grietas mayores a 3 mm de anchura que presenten los elementos estructurales de concreto reforzado con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños.

*Riego de un sello: Aplicación de un riego con el objeto de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.

*Reparación de parapetos y banquetas: Reponer parcialmente un parapeto o una banqueta que presente deterioro o daño provocado por impactos o corrosión de los elementos metálicos, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

*Reposición del sello en juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito

de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

- **Rehabilitación (Cada 10 años):**

- *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: 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.

- *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.

- *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.

- *Riego de un sello: Aplicación de un riego con el objeto de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.

- *Reposición del sello de las juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

- *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.

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

- **Reconstrucción (Cada 20 años):**

- *Recorte de pavimentos: Retiro de la carpeta, base y subbase por medios mecánicos a fin de sustituirlas por otras nuevas.

- *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.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

*Base hidráulica: Capa de apoyo para una carpeta asfáltica a base de materiales granulares.

*Reposición del sello de las juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

*Reposición de las juntas de dilatación: Restitución de las juntas de dilatación originales.

*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.

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

Cabe mencionar que se contará con una reconstrucción del pavimento ya que la vida útil de la estructura es de 50 años. Sin embargo, la del pavimento es de 20 años. Por esta razón dentro del análisis se contempla la reconstrucción del pavimento.

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 25 Mantenimiento de la Alternativa A

Mantenimiento Alternativa A			
Mantenimiento	Periodo	Descripción	Monto S/IVA
Rutinario	1 año	Limpieza de la superficie de rodadura, bacheo superficial aislado, limpieza de las juntas de dilatación, banquetas, parapetos, estribos, columnas y pilas, reposición de señalamiento horizontal y de botones	\$90,600.00

⁷ guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México 2014-SCT

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Conservación Periódica	3 años	Calefateo de fisuras, reparación de grietas, riego de sello, reposición del sello en juntas de dilatación, reparación de parapetos y banquetas, reposición de señalamiento horizontal y botones.	\$1,074,800.00
Rehabilitación	10 años	Limpieza de la superficie de rodadura, fresado de la carpeta, sobrecarpeta de 5 cm de espesor, riego de sello, reposición del sello de las juntas de dilatación, reposición del señalamiento horizontal, reposición de botones y reposición de señalamiento vertical.	\$1,594,400.00
Reconstrucción	20 años	Recorte de pavimentos, recompactación, reposición de la carpeta asfáltica, base hidráulica, reposición de las juntas de dilatación, reposición de señalamiento horizontal y botones y reposición de señalamiento vertical.	\$2,761,200.00

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 tomará 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. Por ello se contempla que la velocidad disminuye durante la ejecución del proyecto, ya que el paso de los vehículos se verá afectado al reducir la sección para su circulación a causa de los trabajos a ejecutar.

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

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

Dónde:

CGV_c es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

La ejecución de estos trabajos consistirá en 12 meses, por lo tanto, los costos por molestia de la Alternativa A son:

Tabla 26 Costos por molestia de la Alternativa A

Alternativa	Tiempo de ejecución (Meses)	Costo por Molestia mensual	Costo por Molestia Anual
Alternativa A	12	\$1,164,454.09	\$13,973,449.04

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

3. CAE

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, la comparación de alternativas con el mismo horizonte de evaluación se determina mediante el Valor Presente de los Costos.

Se prosiguió a realizar el análisis del Valor Presente de los Costos (VPC) de la propuesta A, el cual se presenta a continuación:

Tabla 27 Costo Anual Equivalente de la Alternativa A

Alternativa A					
Inversión C/IVA		Inversión S/IVA		Tasa de descuento	Vida útil (Años)
\$ 86,312,000.00		\$74,406,896.55		10.00%	50
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC
0	\$37,203,448.28	\$ -	\$ 6,986,724.52	\$ 44,190,172.79	\$ 44,190,172.79
0	\$37,203,448.28	\$ -	\$ 6,986,724.52	\$ 44,190,172.79	\$ 44,190,172.79
1		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 82,363.64
2		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 74,876.03
3		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 807,513.15
4		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 61,881.02
5		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 56,255.47
6		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 606,696.58
7		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 46,492.13
8		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 42,265.57
9		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 455,820.12
10		\$ 1,594,400.00		\$ 1,594,400.00	\$ 614,710.22
11		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 31,754.75
12		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 342,464.40
13		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 26,243.59
14		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 23,857.81
15		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 257,298.57
16		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 19,717.20
17		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 17,924.73
18		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 193,312.23
19		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 14,813.82

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

20		\$ 2,761,200.00		\$ 2,761,200.00	\$ 410,434.79
21		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 145,238.34
22		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 11,129.85
23		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 10,118.04
24		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 109,119.71
25		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 8,362.02
26		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 7,601.83
27		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 81,983.26
28		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 6,282.51
29		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 5,711.37
30		\$ 1,594,400.00		\$ 1,594,400.00	\$ 91,372.76
31		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 4,720.14
32		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 4,291.04
33		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 46,277.41
34		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 3,546.31
35		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 3,223.92
36		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 34,768.90
37		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 2,664.40
38		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 2,422.18
39		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 26,122.39
40		\$ 2,761,200.00		\$ 2,761,200.00	\$ 61,008.52
41		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,819.82
42		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 19,626.14
43		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,503.98
44		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,367.26
45		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 14,745.41
46		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,129.96
47		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,027.24
48		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 11,078.44
49		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 848.96
50		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 771.78
Total		\$ 27,641,800.00	\$ 13,973,449.04	\$ 116,022,145.59	\$ 93,286,925.28

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

Alternativa B / Rechazada

La alternativa B consiste en la construcción de un PSV sobre las vías del FFCC México – Querétaro a base de traveses de acero estructural con el objeto de ampliar la sección geométrica actual de 2 a 4 carriles de circulación. Además, se implementará señalamiento horizontal, obras de drenaje, pavimento y alumbrado público.

Ventajas:

*Facilita la fabricación e instalación de materiales

*Durabilidad: el acero es uno de los materiales más duraderos, puede soportar grandes desastres ambientales.

*El acero ofrece una resistencia incomparable lo que lo hace ideal para abarcar distancias más largas.

*Resistentes a movimientos sísmicos

*Resistente a deformación por tensión

Desventajas:

*Mayor costo de inversión.

*Estas estructuras son sensibles a deterioros

*Si se exponen a temperaturas elevadas pierden su fuerza

*Son sensibles a fallas por torsión

Periodo de Vida útil:

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

De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal la vida útil de estructuras de ingeniería civil como edificios y puentes corresponde a 50 años.

1. Mantenimiento

Se considera el mismo mantenimiento tanto en la alternativa "A" como en la alternativa "B" ya que, la superficie de rodamiento seguirá siendo se asfalto.

A continuación, se describen los trabajos correspondientes al mantenimiento sobre las vías del FFCC México – Querétaro.

- **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, y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía así como de la estructura del puente superior vehicular.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.

*Limpieza de las juntas de dilatación: Conjunto de actividades que se realizan para retirar suelos, vegetación, basura y todo material que se acumule en las juntas de

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

dilatación de puentes, con el propósito de evitar que generen esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras.

*Limpieza de parapetos, banquetas y camellones: actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos.

*Limpieza de estribos, columnas y pilas: Retiro de vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en dichos elementos. La limpieza de las pilas y estribos incluye la limpieza del cuerpo de estos elementos, las coronas y los dispositivos de apoyo.

*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.

*Calefateo de fisuras: Sellado de fisuras de hasta 3 mm de anchura, que se presenten en los elementos estructurales de concreto reforzado, mediante mortero con cemento portland o productos especiales de sellado, con el propósito de prevenir el contacto del agua con el acero de refuerzo evitando así su degradación o deterioro.

*Reparación de grietas: Reparación de grietas mayores a 3 mm de anchura que presenten los elementos estructurales de concreto reforzado con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños.

*Riego de un sello: Aplicación de un riego con el objeto de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.

*Reparación de parapetos y banquetas: Reponer parcialmente un parapeto o una banqueta que presente deterioro o daño provocado por impactos o corrosión de los elementos metálicos, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

*Reposición del sello en juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

- **Rehabilitación (Cada 10 años):**

*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: 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.

*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.

*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.

*Riego de un sello: Aplicación de un riego con el objeto de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.

*Reposición del sello de las juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

*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.

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

- **Reconstrucción (Cada 20 años):**

*Recorte de pavimentos: Retiro de la carpeta, base y subbase por medios mecánicos a fin de sustituirlas por otras nuevas.

*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.

*Base hidráulica: Capa de apoyo para una carpeta asfáltica a base de materiales granulares.

*Reposición del sello de las juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

*Reposición de las juntas de dilatación: Restitución de las juntas de dilatación originales.

*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.

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

Cabe mencionar que se contará con una reconstrucción del pavimento ya que la vida útil de la estructura es de 50 años. Sin embargo, la del pavimento es de 20 años. Por esta razón dentro del análisis se contempla la reconstrucción del pavimento.

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

Tabla 28 Mantenimiento de la Alternativa B

Mantenimiento Alternativa A			
Mantenimiento	Periodo	Descripción	Monto S/IVA
Rutinario	1 año	Limpieza de la superficie de rodadura, bacheo superficial aislado, limpieza de las juntas de dilatación, banquetas, parapetos, estribos, columnas y pilas, reposición de señalamiento horizontal y de botones	\$90,600.00
Conservación Periódica	3 años	Calefateo de fisuras, reparación de grietas, riego de sello, reposición del sello en juntas de dilatación, reparación de parapetos y banquetas, reposición de señalamiento horizontal y botones.	\$1,074,800.00
Rehabilitación	10 años	Limpieza de la superficie de rodadura, fresado de la carpeta, sobrecarpeta de 5 cm de espesor, riego de sello, reposición del sello de las juntas de dilatación, reposición del señalamiento horizontal, reposición de botones y reposición de señalamiento vertical.	\$1,594,400.00
Reconstrucción	20 años	Recorte de pavimentos, recompactación, reposición de la carpeta asfáltica, base hidráulica, reposición de las juntas de dilatación, reposición de señalamiento horizontal y botones y reposición de señalamiento vertical.	\$2,761,200.00

Fuente: SCT/ Costos Paramétricos SHCP.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

3. Costos por molestia

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

La ejecución de estos trabajos consistirá en 12 meses, por lo tanto, los costos por molestia de la Alternativa B son:

Tabla 29 Costos por molestia de la Alternativa B

Alternativa	Tiempo de ejecución (Meses)	Costo por Molestia mensual	Costo por Molestia Total
Alternativa A	12	\$1,164,454.09	\$13,973,449.04

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

4. CAE

Se realizó el análisis del VPC de la propuesta B, el cual se presenta a continuación:

Tabla 30 Costo Anual Equivalente de la Alternativa B

Alternativa B					
Inversión C/IVA		Inversión S/IVA		Tasa de descuento	Vida útil (Años)
\$ 111,333,701.00		\$95,977,328.45		10.00%	50
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC
0	\$47,988,664.22	\$ -	\$ 6,986,724.52	\$ 54,975,388.74	\$ 54,975,388.74
0	\$47,988,664.22	\$ -	\$ 6,986,724.52	\$ 54,975,388.74	\$ 54,975,388.74
1		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 82,363.64
2		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 74,876.03
3		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 807,513.15
4		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 61,881.02
5		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 56,255.47
6		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 606,696.58
7		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 46,492.13
8		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 42,265.57
9		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 455,820.12
10		\$ 1,594,400.00		\$ 1,594,400.00	\$ 614,710.22
11		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 31,754.75
12		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 342,464.40
13		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 26,243.59
14		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 23,857.81
15		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 257,298.57
16		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 19,717.20
17		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 17,924.73
18		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 193,312.23
19		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 14,813.82
20		\$ 2,761,200.00		\$ 2,761,200.00	\$ 410,434.79
21		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 145,238.34

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

22		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 11,129.85
23		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 10,118.04
24		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 109,119.71
25		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 8,362.02
26		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 7,601.83
27		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 81,983.26
28		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 6,282.51
29		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 5,711.37
30		\$ 1,594,400.00		\$ 1,594,400.00	\$ 91,372.76
31		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 4,720.14
32		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 4,291.04
33		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 46,277.41
34		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 3,546.31
35		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 3,223.92
36		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 34,768.90
37		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 2,664.40
38		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 2,422.18
39		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 26,122.39
40		\$ 2,761,200.00		\$ 2,761,200.00	\$ 61,008.52
41		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,819.82
42		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 19,626.14
43		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,503.98
44		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,367.26
45		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 14,745.41
46		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,129.96
47		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 1,027.24
48		\$ 1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$ 11,078.44
49		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 848.96
50		\$ 90,600.00		\$ 90,600.00	\$ 771.78
Total		\$ 27,641,800.00	\$ 13,973,449.04	\$ 137,592,577.49	\$ 114,857,357.18

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

De acuerdo a lo anterior, la comparativa del Valor Presente de Costos de ambas alternativas, determina que la Alternativa A es la apropiada en realizarse al resultar menor que la Alternativa B.

Tabla 31 Costo Anual Equivalente de las Alternativas

Costo Anual Equivalente	
Indicador	Valor
Valor Presente de Costos (VPC) de la alternativa 1: Trabes de concreto hidráulico	\$93,286,925.28
Valor Presente de Costos (VPC) de la alternativa 2: Trabes metálicas	\$ 114,857,357.18

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Por lo tanto, la propuesta seleccionada (Alternativa A) "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" con estructura a base de traveses y columnas de concreto hidráulico es la apropiada en realizarse, ya que se reduce el monto de inversión principalmente. Además, la vida útil de esta sería la misma que la de estructura de acero aun cuando este sea más resistente, debido a que, de acuerdo al reglamento de construcciones de la Ciudad de México, el diseño para una estructura de puentes vehiculares debe ser de 50 años.

Además, existen diferentes razones técnicas para llevar a cabo la ejecución de los trabajos con estructura a base de traveses tipo ASSTHO de concreto hidráulico:

- Su diseño puede adoptar formas estéticamente atractivas
- Son estructuras de alta calidad y bajo costo.
- Se pueden construir puentes durante todas las épocas del año.
- Tienen un diseño estructural confiable.
- Tienen alta resistencia al fuego

IV. Situación con el Proyecto

a) Descripción General

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

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

De acuerdo al Diario Oficial de la Federación, publicado con fecha 30 de diciembre de 2013, donde se establecen los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Los trabajos de "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan", se considera dentro del programa de infraestructura económica y le corresponde un estudio a nivel simplificado (perfil), ya que su monto es mayor a 50 millones de pesos y menor a 500 millones de pesos.

- **Objetivo del Proyecto**

Se pretende construir el PSV del camino No. 781 Cuautitlán - Apaxco sobre las vías del FFCC México – Querétaro en el municipio de Teoloyucan con el objeto de ampliar la sección a 4 carriles, esto consistente en un segundo cuerpo paralelo al puente FFCC Teoloyucan el cual cumplirá la función de llevar un solo sentido de circulación sobre dos carriles para así dar continuidad vehicular y evitar el embotellamiento generado actualmente por el exceso de tránsito que rebasa los límites del actual puente FFCC Teoloyucan que aloja dos sentidos de circulación con un carril para cada uno. Además, con estos trabajos se mejorará el estado de la carpeta asfáltica erradicando los baches y grietas de la misma. De esta forma se brindará un mejor servicio de movilidad, permitiendo un mejor intercambio de servicios entre los municipios colindantes (Huehuetoca y Tepetzotlán), trayendo consigo un crecimiento y desarrollo económico de la zona.

De acuerdo a lo anterior, se determina que los objetivos principales son los mencionados a continuación:

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

- *Aumentar la velocidad de recorrido de los usuarios
- *Disminuir los tiempos de traslado
- *Reducir los costos generalizados de viaje

Por lo tanto, el presente estudio busca la factibilidad socioeconómica de llevar a cabo el proyecto denominado "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" y de esta manera ofrecer una mejor conexión entre dichos municipios permitiendo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

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

- **Descripción del proyecto**

El presente proyecto consiste en ampliar la sección mediante la construcción de un PSV que permita mantener la capacidad de 4 carriles de circulación (dos por sentido) con la finalidad de mantener la movilidad eficaz y fluida de los usuarios.

Por tanto, el proyecto contempla dos estribos y 15 apoyos con claros de 20 a 28 m entre apoyos con una longitud del puente de 362 m. La estructura del puente superior vehicular es a base de pila – columna, cabezal para apoyo de bancos, travesaños de concreto tipo AASHTO y losa de concreto armado con sección de 7 metros de ancho y 3.50 metros de ancho por carril de circulación.

En total se trabajarán 1,000 metros de longitud ya que es necesario implementar señalamiento horizontal y vertical antes y después del PSV. La ampliación tendrá una estructura de pavimento consistente en subbase, base hidráulica y carpeta asfáltica. Además, se construirán banquetas y guarniciones para resguardar la seguridad de los peatones. Se implementarán obras de drenaje consistentes en pozos de visitas, tubería y registros de agua pluvial con la finalidad de transportar el agua pluvial a zonas donde no dañe el pavimento.

Se pintará señalamiento horizontal para delimitar la circulación de los usuarios, así como, mejorar la visibilidad de la geometría del camino y se colocará señalamiento vertical para informar, prevenir y prohibir a los usuarios sobre restricciones o información sobre objetos y destinos a lo largo del camino.

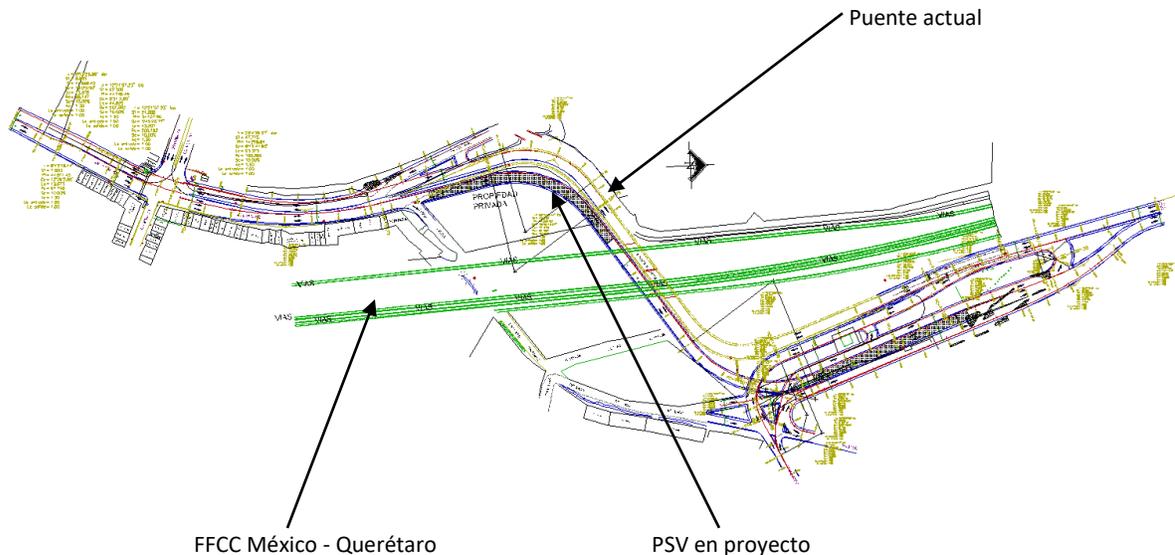
Es de suma importancia llevar a cabo estos trabajos para permitir la circulación, fluida y segura de los usuarios que viajan de corto o largo itinerario.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Al llevar a cabo estos trabajos, se obtendrá una vialidad ampliada a dos carriles por cada sentido de circulación y se evitarán bajas velocidades, altos tiempos de traslado y elevados costos generalizados de viaje. Por lo que, los usuarios transitarán de forma cómoda, fluida, eficaz y segura a través del camino No. 781 Cuautitlán – Apaxco.

Ilustración 8 Planta del Proyecto



Fuente: Elaborado con el proyecto ejecutivo

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

Terracerías

- **Despalme:** Remoción del material superficial del terreno para evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable.
- **Corte:** Preparación y formación de la sección de la obra de acuerdo a lo indicado en el proyecto.
- **Excavación:** excavación para alojar estructuras y obras de drenaje ejecutadas a cielo abierto.
- **Terraplenes:** construcción de estructuras con material de corte o producto de banco con el fin de obtener el nivel de subrasante para formar estructuras.
- **Capa subrasante:** capa encima de los cortes de la capa subyacente que sirve como capa de desplante de un pavimento.

Estructura del PSV

- **Colocación de concreto hidráulico:** El concreto hidráulico utilizado en las estructuras podrá ser elaborado en planta o en obra cuidando las características del proyecto. Cuando exista amenaza de lluvia durante su colocación se protegerán convenientemente las superficies para evitar deslaves o defectos en el colado. La colocación de concreto hidráulico se llevará a cabo en los siguientes elementos:
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ en banquetas de puente de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en remates de parapeto
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en guarnición y banquetas
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en losas de acceso
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en losas y diafragmas
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en zapatas
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en muro
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ en cabezal, diafragmas extremos, bancos, ménsula, aleros y topes antisísmicos
 - ❖ Concreto hidráulico de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ en pilas-columnas de diámetro=1.20 en caballetes y pilas
 - ❖ Concreto reforzado: construcción de muro de contención de $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ y $f'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$

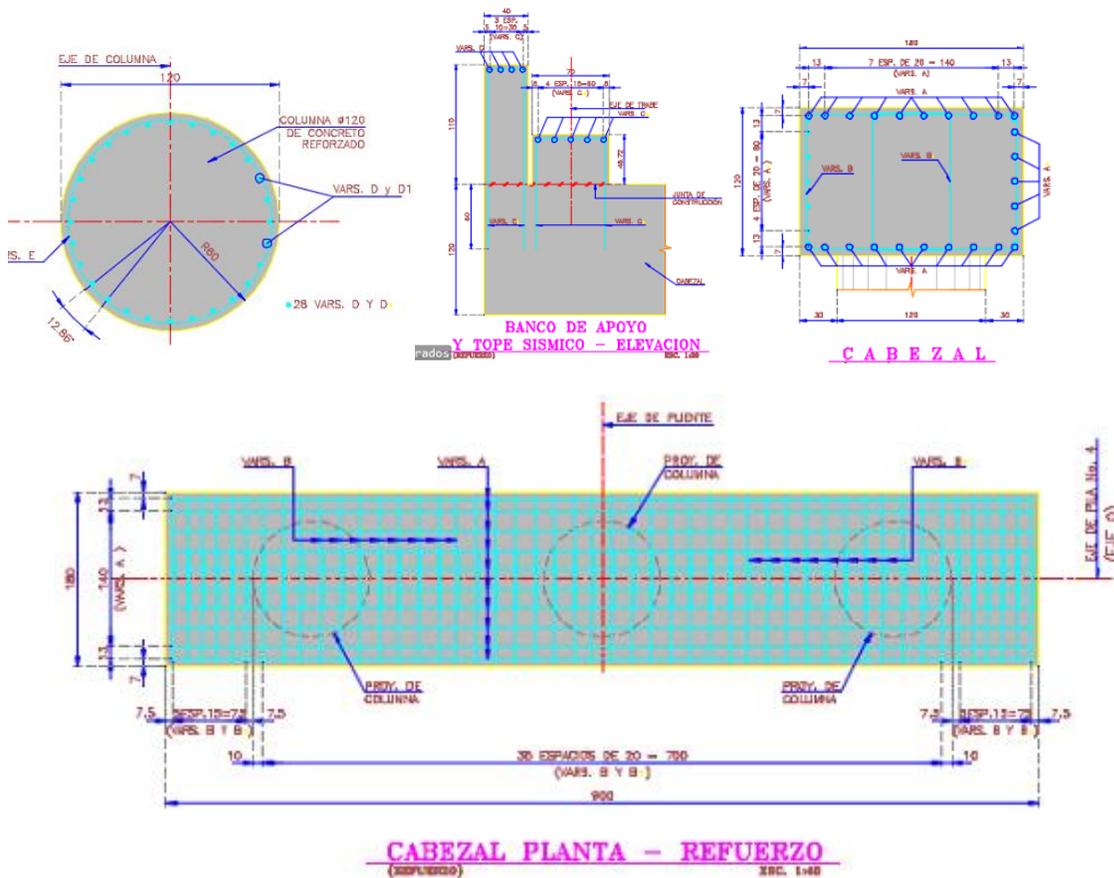
- **Acero para concreto hidráulico:** Colocación del acero de refuerzo en el concreto hidráulico con varillas para tomar los esfuerzos internos de tensión que se generan por la aplicación de cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura. Se colocará acero de refuerzo en los siguientes elementos:
 - ❖ Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en cabezal, diafragmas extremos, bancos, ménsula, aleros y topes antisísmicos.
 - ❖ Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en pilas-columnas de diámetro=1.20 en caballetes y pilas
 - ❖ Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en zapatas
 - ❖ Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en muro

Además, se colocara acero A-36 en pilastras y sus placas, tuercas, roldanas galvanizadas y pernos de diámetro de una pulgada con tuerca.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Ilustración 9 Elementos estructurales de concreto hidráulico reforzado



Fuente: Elaborado con datos del proyecto ejecutivo

- **Estructuras de concreto presforzado:** Estructuras formadas por uno o varios elementos de concreto hidráulico sometidos a esfuerzos previos de compresión que alivian o eliminan los esfuerzos por tensión que se producen en condiciones de servicio. En el caso del presente proyecto se colocarán los siguientes elementos:
 - ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 19.57 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
 - ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.10 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
 - ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.63 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
 - ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
 - ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.69 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
 - ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 25.77 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

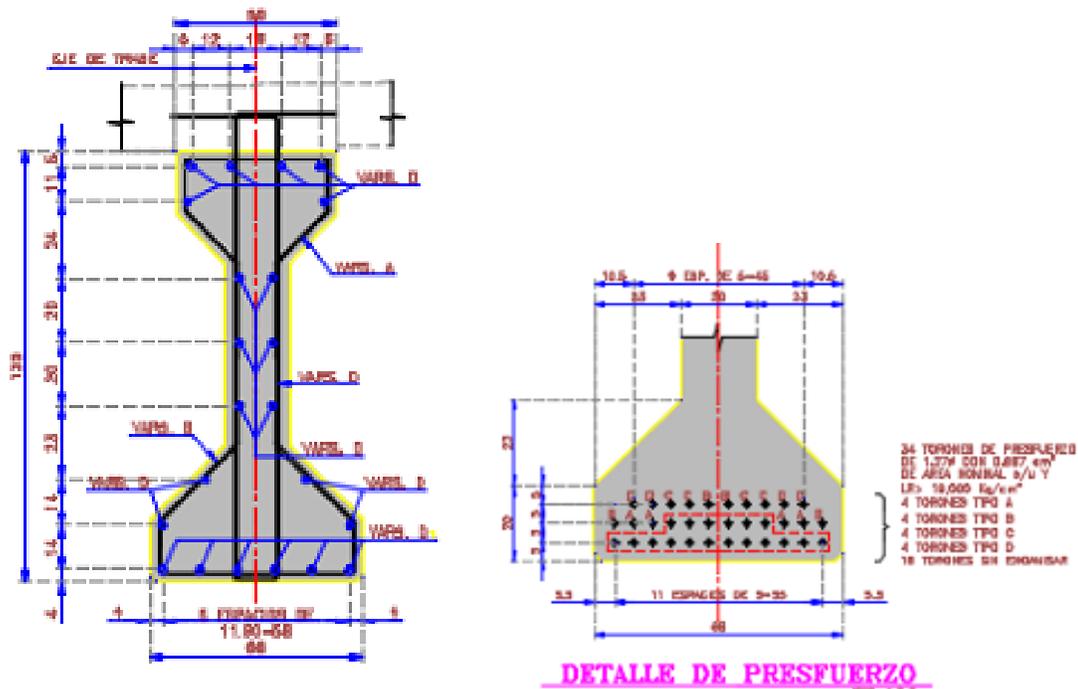
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.86 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 27.96 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 29.05 m de longitud, según proyecto; $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 30.14 m de longitud, según proyecto; $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.93 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.59 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.78 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.97 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.69 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 25.77 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.86 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 27.96 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 29.05 m de longitud, según proyecto; $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 30.14 m de longitud, según proyecto; $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.93 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.59 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.78 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.97 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.35 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

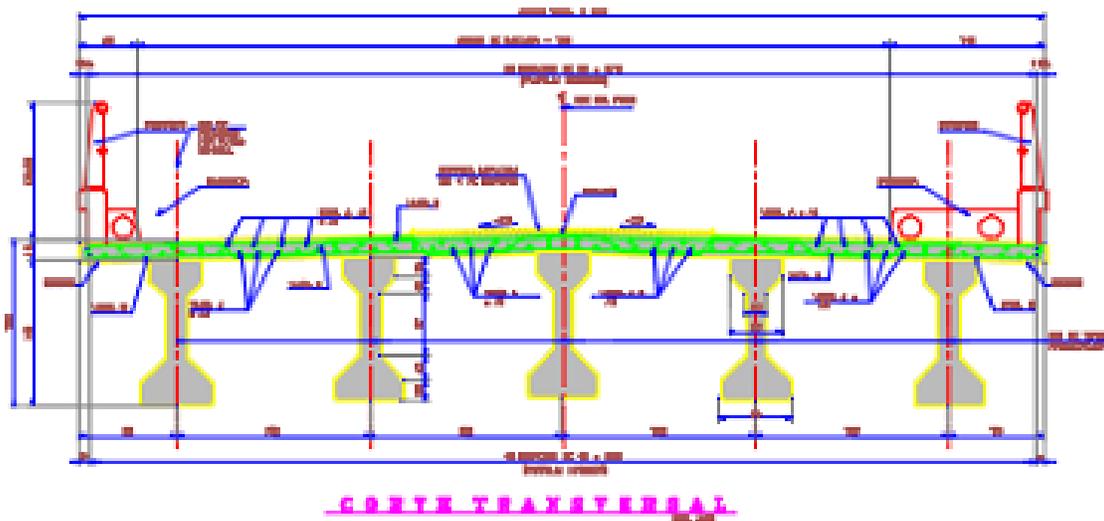
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.55 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.05 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.54 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.03 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.51 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.60 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.83 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.07 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.30 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.54 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- ❖ Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.00 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

Ilustración 10 Traveses de concreto presforzado tipo ASSHTO Tipo IV



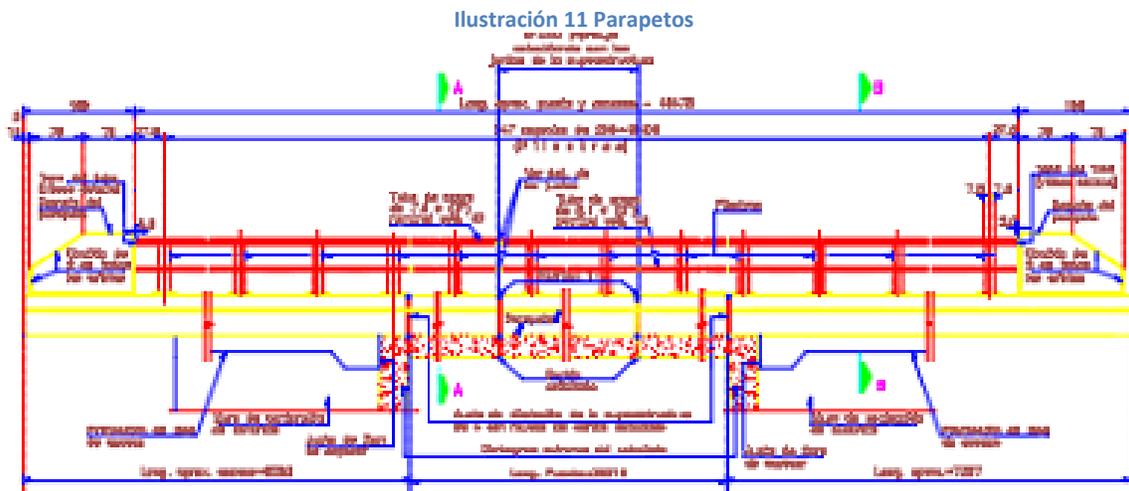
Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"



Fuente: Elaborado con datos del proyecto ejecutivo

- **Parapeto:** Se colocaran parapetos a base de sistemas de postes verticales y elementos longitudinales sobre guarniciones y banquetas a lo largo de los extremos longitudinales de la estructura para resguardar la seguridad de los usuarios. En particular, los parapetos se llevarán a cabo a pase de tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto de diámetro de 7.6 cm, tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=5.1 cm, tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=6.4 cm y tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=3.8 cm.



Aunado a lo anterior, se colocará neopreno ASTM d2240, dureza "shore a-60" 20x10x1.6, ductos de plástico de 22 cm x 5/8" Ø. en losas, cartón asfaltado de 2 cm de espesor en respaldo de caballete en losas de aproximación, tapón de cartón asfaltado comprimido en diafragma extremo, poliestireno de 20 cm de ancho y 1.9 cm de espesor en ménsula de diafragma extremo.

Obras de drenaje y subdrenaje

- Se construirán obras de drenaje para evitar el daño del pavimento ante escurrimientos de agua pluvial.
 - ❖ Tubería PEAD de 30 cm de diámetro
 - ❖ Tubería PEAD de 38 cm de diámetro
 - ❖ Tubería PEAD de 45 cm de diámetro
 - ❖ Pozos de visita de hasta 1.65 m de profundidad
 - ❖ Registro pluviales

Pavimentos

- **Subbase:** Se formara una subbase con materiales granulares como capa de apoyo para la base de pavimentos asfálticos
- **Base Hidráulica:** Se colocará esta capa para dar apoyo a la carpeta asfáltica.
- **Riego de Impregnación:** Aplicación de material asfáltica con la finalidad de impermeabilizar la carpeta asfáltica
- **Carpeta Asfáltica:** tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme.
- **Recuperación de carpetas asfálticas:** Desintegración de la carpeta asfáltica con la finalidad de utilizarla como material de base o subbase.

Señalamiento y dispositivos de seguridad

- **Señalamiento horizontal:** Se colocarán, las marcas en el pavimento necesarias para delinear las características geométricas de la vialidad.
 - ❖ Raya continua sencilla
 - ❖ Raya discontinua
 - ❖ Raya guía en zona de transición
 - ❖ Rayas blanca canalizadora para separación de flujo en un solo sentido de circulación.
 - ❖ Raya de alto
 - ❖ Raya de cruce peatonal
 - ❖ Flechas, letras y números.
 - ❖ Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color rojo en material plástico ABS sin perno con reflejante en ambas caras al tránsito de esferas de vidrio

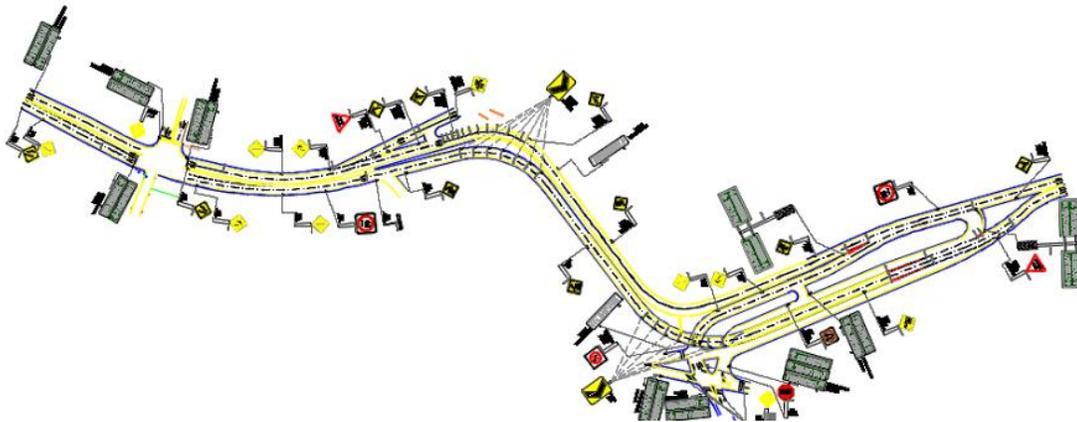
Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

- ❖ Botones retrorreflejantes de 20 x 10 cm color blanco en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio
 - ❖ Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color blanco en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio
 - ❖ Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color amarillo en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio
- **Señalamiento vertical:** Para regular el uso de la vialidad se instalará el señalamiento necesario mediante tableros en postes, marcos y otras estructuras, transmitiendo al usuario un mensaje relativo a la carretera.
 - ❖ Señales preventivas de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.
 - ❖ Señal restrictiva de "Alto" De 30 cm por cada lado
 - ❖ Señal restrictiva de "Seda el Paso" De 85 cm por cada lado
 - ❖ Señal restrictiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.
 - ❖ Señal restrictiva de señal de "Retorno" de 71 x 71 cm
 - ❖ Señal informativa de destino de 40 x 178 cm
 - ❖ Señal informativa de destino: Señalamiento bandera doble 122 x 366
 - ❖ Señal informativa de destino: de 20 x 91 cm
 - ❖ Señal informativa de destino: de 40 x 178 xm

Alumbrado público: Se colocará alumbrado público con la finalidad de mejorar la visibilidad del camino y permitir mantener la seguridad de circulación de los usuarios.

Ilustración 12 Señalamiento horizontal y vertical



Fuente: Elaborado con datos del proyecto ejecutivo

b) Alineación Estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

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

Estrategias:

III. ECONOMÍA. Detonar el crecimiento.

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

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

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

Líneas de Acción.

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

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

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

Plan de Desarrollo Municipal de Teoloyucan 2019-2021

No existen objetivos y estrategias relacionadas al proyecto en el PDM municipal correspondiente al periodo 2019 – 2021.

d) Localización Geográfica

En particular el proyecto "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" se desarrolla en el municipio de Teoloyucan dentro de su cabecera municipal.

Teoloyucan pertenece a la región XIV (Tepetzotlán) y se localiza al norte de la CDMX, al noreste del Estado de México, lo integran los municipios de Coyotepec (41,810 Hab. y sup. de 49.32 Km²), Tepetzotlán (94 198 Hab. y sup. 187.82 km²), Tonanitla (9,728 hab. y sup. de 17.107 km²), Teoloyucan (66,518 hab. y sup. 53.04 km²), Jaltenco, (27,825 hab. Y sup. de 4.73 km²), Melchor Ocampo (57,152 hab. Y sup. de 17.78 km²), y Nextlalpan (39,666 hab. y sup. de 54.51 km²).



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

Teoloyucan, se localiza entre las coordenadas geográficas extremas: en mínimas 99°12'59.73" O y 19°43'13.57" N y en máximas 99°08'18.44" O y 19°47'44.20" N; altitud de 2,270 metros sobre el nivel del mar (msnm). Colinda al norte con los municipios de Coyotepec y Zumpango; Al sur con los municipios de Tepetzotlán, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán y Melchor Ocampo. Al oriente con los municipios de Jaltenco y Melchor Ocampo; y al poniente con los municipios de Coyotepec y Tepetzotlán.

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

*Inicio: 19.743628°, -99.178165°

*Fin: 19.751632°, -99.177106°

Análisis Costo-Beneficio Simplificado
"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Ilustración 14 Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con Google

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

Tabla 32 Localidades beneficiadas

Habitantes perjudicados					
Municipio	Localidad	Grado de marginación	2005	2010	Tasa de Crecimiento
Teoloyucan	Cab. Municipal	Muy bajo	54,202	51,255	-5.437%
Total			54,202	51,255	-5.437%

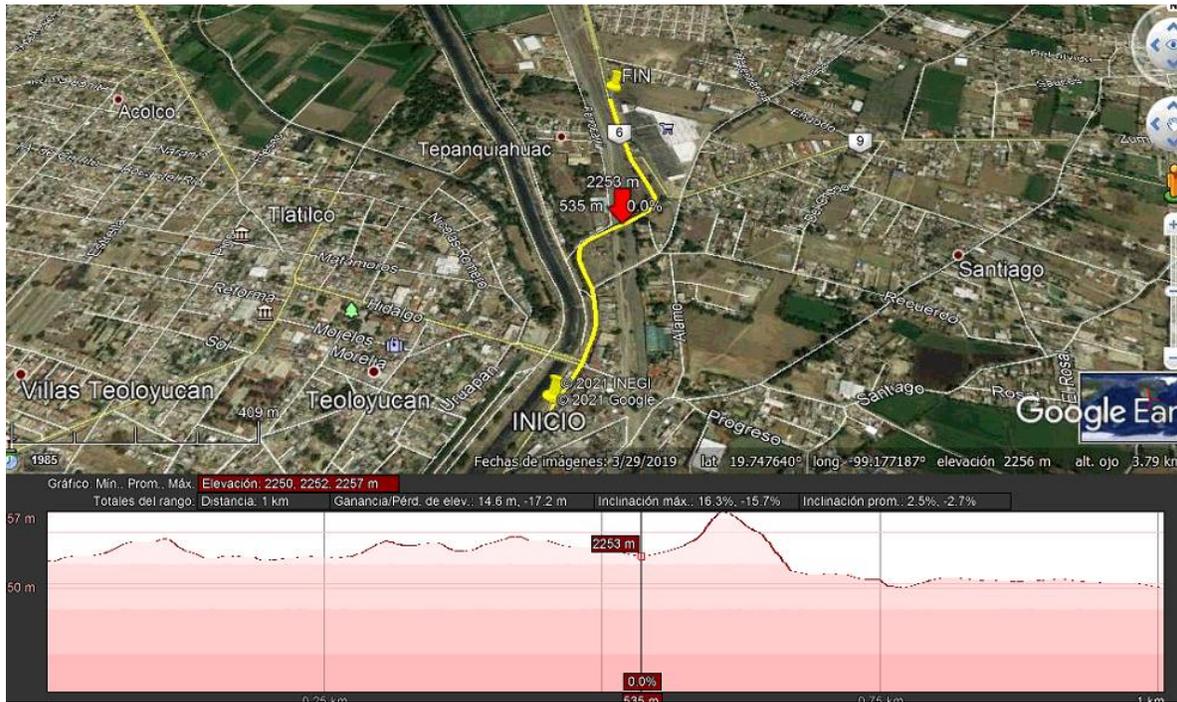
Fuente: Elaboración propia con Google

Como se puede observar el crecimiento de la población del 2005 al 2010 es negativo, esto quiere decir que la población sufrió un decremento a lo largo de 5 años con un valor porcentual del -5.437%. Por lo tanto, anualmente se cuenta con un decremento del -1.087%

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado
"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Ilustración 15 Perfil de elevación Tramo 1 Km 1+000 al Km 4+200



Fuente: Elaboración propia con Google

e) Calendario de Actividades

El siguiente calendario corresponde al calendario de avance físico y financiero de los 5 meses correspondientes al monto solicitado para la "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Los importes incluyen IVA

Tabla 33 Calendario de actividades

Calendario de actividades							
CONCEPTO	IMPORTE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
TERRACERÍAS	\$2,994,399.06	\$ 898,319.72	\$ 898,319.72	\$ 1,197,759.62			
ESTRUCTURAS	\$67,564,311.13	\$ 8,659,265.14	\$ 5,772,843.43	\$ 5,772,843.43	\$ 8,659,265.14	\$ 7,285,797.60	\$ 7,285,797.60
OBRAS DE DRENAJE Y SUBDRENAJE	\$1,011,230.00	\$ 303,369.00	\$ 404,492.00	\$ 303,369.00			
PAVIMENTOS	\$9,510,739.08						
SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	\$2,133,018.73	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50
OBRAS INDUCIDAS	\$222,546.00	\$ 66,763.80	\$ 66,763.80	\$ 89,018.40			
ALUMBRADO PÚBLICO	\$2,875,756.00		\$ 291,554.40	\$ 291,554.40	\$ 388,739.20		
TOTAL, MENSUAL		\$ 10,098,359.15	\$ 7,604,614.84	\$ 7,825,186.35	\$ 9,218,645.84	\$ 7,456,439.10	\$ 7,456,439.10
TOTAL, ACUMULADO	\$86,312,000.00	\$ 10,098,359.15	\$ 17,702,974.00	\$ 25,528,160.34	\$ 34,746,806.18	\$ 42,203,245.28	\$ 49,659,684.38
PORCENTAJE MENSUAL		12%	9%	9%	11%	9%	9%
PORCENTAJE ACUMULADO		12%	21%	30%	40%	49%	58%

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Calendario de actividades							
CONCEPTO	IMPORTE	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
TERRACERÍAS	\$2,994,399.06						
ESTRUCTURAS	\$67,564,311.13	\$ 7,285,797.60	\$ 7,285,797.60	\$ 7,285,797.60	\$ 794,887.10	\$ 794,887.10	\$ 681,331.80
OBRAS DE DRENAJE Y SUBDRENAJE	\$1,011,230.00						
PAVIMENTOS	\$9,510,739.08		\$ 3,328,758.68	\$ 3,328,758.68	\$ 2,853,221.72		
SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	\$2,133,018.73	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 170,641.50	\$ 255,962.25
OBRAS INDUCIDAS	\$222,546.00						
ALUMBRADO PÚBLICO	\$2,875,756.00					\$ 951,954.00	\$ 951,954.00
TOTAL, MENSUAL		\$ 7,456,439.10	\$ 10,785,197.78	\$ 10,785,197.78	\$ 3,818,750.32	\$ 1,917,482.60	\$ 1,889,248.05
TOTAL, ACUMULADO	\$86,312,000.00	\$ 57,116,123.48	\$ 67,901,321.25	\$ 78,686,519.03	\$ 82,505,269.35	\$ 84,422,751.95	\$ 86,312,000.00
PORCENTAJE MENSUAL		9%	12%	12%	4%	2%	2%
PORCENTAJE ACUMULADO		66%	79%	91%	96%	98%	100%

Fuente: Elaboración propia

f) Monto Total de Inversión

A continuación, se presentan los costos que interfieren en la "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 34 Componentes de inversión del proyecto

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU C/IVA	IMPORTE C/IVA
Terracerías	Despalme	m ³	1,511.70	\$116.00	\$175,357.20
	Cortes	m ³	7,695.2	\$145.00	\$1,115,804.00
	Excavación para cajas y tendido de tubos (zanjas)	m ³	607.0	\$214.60	\$130,262.20
	Excavación para cimentaciones	m ³	982.5	\$237.80	\$233,638.50
	Formación de terraplenes compactados al 95% de su PVSM AASHTO.	m ³	1,224.9	\$348.00	\$426,265.20
	Formación de terraplenes compactados al 90% de su PVSM AASHTO, en rellenos de banquetas y camellón.	m ³	33.0	\$365.40	\$12,058.20
	Formación de capa subrasante compactada al 100% de su PVSM AASHTO, en la construcción del terraplén.	m ³	2,505.6	\$359.60	\$901,013.76
Estructuras	ESTRUCTURAS PUENTE FERROCARRILES				
	Concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm ² en banquetas de puente de f'c = 150 kg/cm ²	m ³	119.0	\$2,610.00	\$310,590.00
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en remates de parapeto	m ³	1.84	\$4,176.00	\$7,683.84
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en guarnición y banquetas	m ³	100.00	\$4,060.00	\$406,000.00
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en losas de acceso	m ³	36.00	\$4,118.00	\$148,248.00
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en losas y diafragmas	m ³	594.64	\$4,152.80	\$2,469,420.99
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en zapatas	m ³	230.00	\$4,129.60	\$949,808.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Concreto hidráulico de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en muro	m ³	291.70	\$2,992.80	\$872,999.76
Concreto hidráulico de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ en cabezal, diafragmas extremos, bancos, ménsula, aleros y topes antisísmicos	m ³	379.1	\$5,220.00	\$1,978,641.00
Concreto hidráulico de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ en pilas-columnas de diámetro=1.20 en caballetes y pilas	m ³	1,194.35	\$5,162.00	\$6,165,234.70
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en remates de parapeto.	kg	284.00	\$32.48	\$9,224.32
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en guarnición y banqueteta	kg	38,840.00	\$32.48	\$1,261,523.20
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en losas de acceso	kg	3,496.00	\$32.48	\$113,550.08
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en losas y diafragmas	kg	82,185.78	\$32.48	\$2,669,394.13
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en junta de dilatación en losas	kg	20.00	\$32.48	\$649.60
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en cabezal, diafragmas extremos, bancos, ménsula, aleros y topes antisísmicos	kg	41,792.00	\$32.48	\$1,357,404.16
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en pilas-columnas de diámetro=1.20 en caballetes y pilas	kg	165,802.00	\$32.48	\$5,385,248.96
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en zapatas	kg	16,408.50	\$32.48	\$532,948.08
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en muro	kg	31,435.62	\$32.48	\$1,021,028.94
Acero estructural en losas, Acero Estructural A-36 (En pilastras) placas de 10x30x1.9	pza	104.00	\$522.00	\$54,288.00
Acero Estructural A-36 (en pilastras)	kg	16,864.00	\$87.00	\$1,467,168.00
Varillas "G" con rosca en sus extremos L.E> 4000 kg/cm ²	kg	1,277.30	\$84.68	\$108,161.76
Tuercas	pza	208.00	\$29.00	\$6,032.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Roldana Galvanizada de 2.1 x 6.8 x 3.8 (0.6 espesor)	pza	208.00	\$17.40	\$3,619.20
Pernos de diam.= 2.54 cm con tuerca	pza	1,984.00	\$98.60	\$195,622.40
Concreto reforzado: construcción de muro de contención de $f'c=300$ kg/cm ² y $f'y= 4200$ kg/cm ²	m ³	246.00	\$5,568.00	\$1,369,728.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 19.57 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350$ kg/cm ² .	pza.	4.00	\$377,000.00	\$1,508,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.10 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350$ kg/cm ² .	pza.	4.00	\$382,800.00	\$1,531,200.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.63 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350$ kg/cm ² .	pza.	4.00	\$394,400.00	\$1,577,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350$ kg/cm ² .	pza.	4.00	\$406,000.00	\$1,624,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.69 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350$ kg/cm ² .	pza.	4.00	\$415,280.00	\$1,661,120.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 25.77 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400$ kg/cm ² .	pza.	2.00	\$493,000.00	\$986,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.86 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400$ kg/cm ² .	pza.	2.00	\$513,880.00	\$1,027,760.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 27.96 m de longitud, según proyecto; $f'c = 400$ kg/cm ² .	pza.	2.00	\$533,600.00	\$1,067,200.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 29.05 m de longitud, según proyecto; $f'c = 450$ kg/cm ² .	pza.	2.00	\$556,800.00	\$1,113,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 30.14 m de longitud, según proyecto; $f'c = 450$ kg/cm ² .	pza.	2.00	\$574,200.00	\$1,148,400.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.93 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	10.00	\$516,200.00	\$5,162,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.59 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$394,400.00	\$394,400.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.78 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$396,720.00	\$396,720.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.97 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$401,360.00	\$401,360.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$406,000.00	\$406,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.35 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$408,320.00	\$408,320.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.55 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$394,400.00	\$1,577,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.05 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$402,520.00	\$1,610,080.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.54 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$411,800.00	\$1,647,200.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.03 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$421,080.00	\$1,684,320.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.51 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$429,200.00	\$1,716,800.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.60 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$487,200.00	\$487,200.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.83 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$489,520.00	\$489,520.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.07 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$494,160.00	\$494,160.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.30 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$499,960.00	\$499,960.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.54 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$504,600.00	\$504,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.00 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	10.00	\$382,800.00	\$3,828,000.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto (según proyecto, incluye elementos de unión) diam.=7.6 cm	kg	11,181.0	\$87.00	\$972,747.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=5.1 cm	kg	5,343.0	\$87.00	\$464,841.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=6.4 cm	kg	300.0	\$87.00	\$26,100.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=3.8 cm	kg	140.0	\$87.00	\$12,180.00
Neopreno astm d2240, dureza "shore a-60" 20x10x1.6	dm ³	5.20	\$232.00	\$1,206.40
Ductos de plástico de 22 cm x 5/8" Ø. En losas	pza.	14.00	\$87.00	\$1,218.00
Cartón asfaltado de 2 cm de espesor en respaldo de caballete en losas de aproximación	m ²	7.6	\$174.00	\$1,322.40
Tapón de cartón asfaltado comprimido en diafragma extremo	pza	14.00	\$290.00	\$4,060.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

	Poliestireno de 20 cm de ancho y 1.9 cm de espesor en ménsula de diafragma extremo	m ²	4.60	\$348.00	\$1,600.80
	ESTRUCTURAS GENERALES			\$0.00	\$0.00
	Guarniciones de concreto hidráulico f'c=200 Kg/cm ² , de 0.09 m ² de sección transversal.	m	2917	\$371.20	\$1,082,790.40
	Banquetas de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm ² , de 0.10 m de espesor.	m ²	3,076.0	\$348.00	\$1,070,448.00
	Demolición de concreto hidráulico	m ³	170.0	\$638.00	\$108,460.00
Obras de drenaje y subdrenaje	Tubería PEAD de 30 cm de diámetro	ML	280.0	\$638.00	\$178,640.00
	Tubería PEAD de 38 cm de diámetro	ML	131.0	\$812.00	\$106,372.00
	Tubería PEAD de 45 cm de diámetro	ML	162.0	\$986.00	\$159,732.00
	Pozo de visita de hasta 1.5 m de profundidad	Pza	17.0	\$9,860.00	\$167,620.00
	Construcción de registro pluvial de mampostería para colocación de coladera pluvial de piso y banqueta.	Pza	25.0	\$14,500.00	\$362,500.00
	Plantilla de Arena	m ³	57.0	\$638.00	\$36,366.00
Pavimentos	Subbase compactada al 100% AASHTO, formada con material de banco.	m ³	1,254.5	\$580.00	\$727,581.00
	Base compactada al 100% AASHTO MOD, formada con material de banco	m ³	1,919.9	\$603.20	\$1,158,053.52
	Riego de Impregnación: emulsión asfáltica tipo ECI-60, en proporción de entre 1.4 a 1.6 Lt/m ²	m ²	14,936.0	\$29.00	\$433,144.00
	Arena para cubrir el riego de impregnación	m ³	74.7	\$638.00	\$47,645.84
	Carpeta asfáltica de granulometría densa, tamaño máximo de agregado de 3/4" a finos, compactada como mínimo al 95% de su PVM prueba Marshall	m ³	1,258.5	\$5,568.00	\$7,007,049.60
	Recuperación en caliente de carpetas asfálticas	m ³	311.4	\$440.80	\$137,265.12
Señalamiento	Raya continua sencilla	ml	196.0	\$17.40	\$3,410.40
	Raya discontinua	ml	2,147.0	\$17.40	\$37,357.80
	Raya guía en zona de transición	ml	260.0	\$17.40	\$4,524.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Rayas blanca canalizadora para separación de flujo en un solo sentido de circulación.	ml	356.0	\$17.40	\$6,194.40
Rayas amarilla canalizadora para separación de flujo en dos sentidos de circulación.	ml	24.0	\$17.40	\$417.60
Raya de alto	ml	46.0	\$74.24	\$3,415.04
Raya de cruce peatonal	ml	15.0	\$48.72	\$730.80
Raya de cruce peatonal	ml	64.5	\$48.72	\$3,142.44
Rayas con espaciamiento logarítmico	ml	42.0	\$52.20	\$2,192.40
Flechas, letras y números.	Pza	24.0	\$556.80	\$13,363.20
Para prohibición de estacionamiento	ml	4,209.0	\$13.92	\$58,589.28
Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color rojo en material plástico ABS sin perno con reflejante en ambas caras al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	71.0	\$98.60	\$7,000.60
Botones retrorreflejantes de 20 x 10 cm color blanco en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	25.0	\$98.60	\$2,465.00
Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color blanco en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	135.0	\$98.60	\$13,311.00
Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color amarillo en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	10.0	\$98.60	\$986.00
Señales preventivas de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	24.0	\$2,900.00	\$69,600.00
OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS. Tipo OD en lámina galvanizada o material termoplástico, con fondo blanco reflejante grado alta intensidad marca 3M, y símbolos en tinta serigrafía translúcida marca 3m. De 45 x 30 cm en acabado reflejante.	Pza	14.0	\$2,320.00	\$32,480.00
Señal restrictiva de "Alto" De 30 cm por cada lado	Pza	2.0	\$2,900.00	\$5,800.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

	Señal restrictiva de "Seda el Paso" De 85 cm por cada lado	Pza.	2.0	\$3,306.00	\$6,612.00
	Señal restrictiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	3.0	\$2,900.00	\$8,700.00
	Señal restrictiva de señal de "Retorno" de 71 x 71 cm	Pza.	1.0	\$2,900.00	\$2,900.00
	Señal informativa de destino de 40 x 178 cm	Pza.	7.0	\$5,800.00	\$40,600.00
	Señal informativa de destino: Señalamiento bandera doble 122 x 366	Pza.	2.0	\$75,400.00	\$150,800.00
	Señal informativa de destino: de 20 x 91 cm	Pza.	1.0	\$4,060.00	\$4,060.00
	Señal informativa de destino: de 40 x 178 xm	Pza.	2.0	\$5,800.00	\$11,600.00
Señalamiento para protección de obra	Señal restrictiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	4.0	\$2,900.00	\$11,600.00
	Señal restrictiva: Tablero adicional de 30 x 100 cm. leyenda: MÁXIMA	Pza.	4.0	\$5,220.00	\$20,880.00
	Señal preventiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	4.0	\$2,900.00	\$11,600.00
	Señal preventiva de 30 x 100, en acabado reflejante	Pza.	4.0	\$5,220.00	\$20,880.00
	Señal preventiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	2.0	\$2,900.00	\$5,800.00
	Señal preventiva de 30 x 100, en acabado reflejante	Pza.	2.0	\$5,220.00	\$10,440.00
	Señales y dispositivos tipo DPI de 71 x 178 cm. en acabado reflejante.	Pza.	10.0	\$7,540.00	\$75,400.00
	Señales y dispositivos tipo DPI de 71 x 178 cm. en acabado reflejante.	Pza.	3.0	\$7,540.00	\$22,620.00
	Señales y dispositivos tipo DPI de 71 x 178 cm. en acabado reflejante.	Pza.	2.0	\$7,540.00	\$15,080.00
	Señales y dispositivos tipo SID de 40 x 178	Pza.	3.0	\$5,800.00	\$17,400.00
	Señales y dispositivos tipo SID de 40 x 178	Pza.	2.0	\$5,800.00	\$11,600.00
	Malla de construcción color naranja reflejante, de 45x90 cm, con orificios para delimitación de	ml	995.0	\$92.80	\$92,336.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

	áreas en construcción colocación y removimiento de las mismas.				
	Barreras protectoras fijas huecas de PVC, rellenas de arena, de 75 cm de altura y base de 60 x 120 cm, con pintura retroreflejante naranja y elementos reflejantes en su parte superior de dimensiones 15x10cm	ml	845.0	\$1,450.00	\$1,225,250.00
	Trafitambo naranja con 2 franjas reflejantes color blanco de: 45X90 cm	Pza	8.0	\$7,540.00	\$60,320.00
	Señal luminosa de uso nocturno	Pza	2.0	\$522.00	\$1,044.00
Obras inducidas	Tala y desenraice de árboles de 0.20 m a 0.50m de diám.	pza.	5.0	\$5,220.00	\$26,100.00
	Retiro de semáforos	pza.	2.0	\$14,500.00	\$29,000.00
	Reubicación de caseta telefónica	pza.	1.0	\$5,800.00	\$5,800.00
	Reubicación de registro telefónico,	pza.	1.0	\$5,220.00	\$5,220.00
	Re nivelación de coladeras pluviales	pza	1.0	\$4,466.00	\$4,466.00
	Entubamiento de arroyo (tubería pead diam= 75 cm)	ml	105.0	\$1,392.00	\$146,160.00
	Re nivelación de registros de a. Pot	Pza	4.0	\$1,450.00	\$5,800.00
Alumbrado público	Excavación para cajas y tendido de tubos (zanjas, prof de 0.50 mts y ancho de 0.30mts)	m ³	240.0	\$232.00	\$55,680.00
	Construcción de base de concreto truncopiramidal de 0.60 mts. de base por 0.40 mts. de corona y 0.70 mts. de altura f'c=200kg/cm ² con 4 anclas de fierro de 0.50 mts. de longitud y 19 mm. de diámetro y colocación de 2 ductos con curva ascendente para entrada y salida de cable de alimentación. El ducto será tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 1/4" de diámetro, incluye excavación, relleno con material producto de excavación compactado al 90% proctor.	pza.	62.0	\$6,090.00	\$377,580.00
	Construcción de registro de concreto armado f'c=200 kg/cm ² con tapa de concreto armado de 0.60x0.40x0.60 mts	pza.	67.0	\$5,626.00	\$376,942.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Construcción de murete para acometida de energía eléctrica a base de muro de tabique rojo recocido	pza.	2.0	\$7,540.00	\$15,080.00
Luminario para Alumbrado Público, Modelo AERIS, Tipo horizontal arquitectónico Cut Off, diseñado para operar una lámpara de 150 watts de Aditivos metálicos de Pulso.	pza.	82.0	\$5,220.00	\$428,040.00
Suministro e instalación de poste metálico recto cuadrado TipoTollocan, de 7.0 mts. de altura, construido por 2 elementos de PTR Ced. 30 de 4"x4", con registro para conexiones, placa base con 4 perforaciones para recibir 4 anclas con tuercas	pza.	82.0	\$11,020.00	\$903,640.00
Suministro e instalación de interruptor termo magnético de 2 polos, 40 amperes, con gabinete para intemperie	pza.	1.0	\$928.00	\$928.00
Suministro e instalación de interruptor termo magnético de 2 polos, 70 amperes, con gabinete para intemperie.	pza.	1.0	\$2,320.00	\$2,320.00
Suministro e instalación de combinación para alumbrado público contactor- interruptor de 2 polos, 40 amperes, 220 volts, en gabinete para intemperie NEMA 3R	pza.	3.0	\$1,740.00	\$5,220.00
Suministro e instalación de cable de cobre unipolar vinanel, con aislamiento Tipo THW-LS/THHW-LS clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 12	m	1,600.0	\$40.60	\$64,960.00
Suministro e instalación de cable de aluminio, monopolar, subterráneo, Tipo URD, aislamiento XLPE, clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 2 Marca IUSA.	m	700.0	\$92.80	\$64,960.00
Suministro e instalación de cable de aluminio, monopolar, subterráneo, Tipo URD, aislamiento XLPE, clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 4 Marca IUSA.	m	1,800.0	\$81.20	\$146,160.00
Suministro e instalación de cable de aluminio, monopolar, subterráneo, Tipo URD, aislamiento XLPE, clase 90 grados, resistente al	m	2,000.0	\$69.60	\$139,200.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

	calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 6 Marca IUSA.				
	Suministro e instalación de cable de cobre semiduro clase B, sin forro, Cal. No. 10	m	2,200.0	\$40.60	\$89,320.00
	Suministro e instalación de tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 1/2" de diámetro.	m	400.0	\$110.20	\$44,080.00
	Suministro e instalación de tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 1/4" de diámetro.	m	1,000.0	\$87.00	\$87,000.00
	Suministro e instalación de tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 " de diámetro.	m	1,000.0	\$58.00	\$58,000.00
	Suministro e instalación de varilla copperweld de 3.0 mts de longitud y 5/8" de diámetro con conector mecánico. Incluye tubo de albañal de 300 mm de diámetro y 500 mm de longitud, tapa con jaladera, 11 Kg de compuesto químico GEM, excavación y limpieza.	pza.	3.0	\$522.00	\$1,566.00
	Habilitado y colocado de 4 anclas de fierro de 0.50 mts de longitud y 19 mm de diámetro en elemento armado sobre puente, incluye caja cuadrada galvanizada de 2" con tapa y poliducto de 1" para interconectar con registro de conexión de mano del poste	pza.	20.0	\$754.00	\$15,080.00
	Anuncio espectacular metálico informativos de obra de 3.0 x 5.0 m	pza.	1.0	\$40,516.77	\$40,516.77
TOTAL:					\$86,312,000.00

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

h) Financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Proceso	Monto	Porcentaje
Federales				
Estatales	PAD	Por ejercer	\$86,312,000.00	100.00%
Municipales				
Fideicomisos				
Otros				
Total				100%

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

i) Capacidad Instalada

La capacidad instalada resultante de la implementación del proyecto permitirá incrementar el nivel de servicios y seguridad operativa en el camino. El diseño operacional permitirá incrementar la seguridad de los 23,180 vehículos motorizados que circulan diariamente en la situación actual. Para tal efecto se toman como tasa de crecimiento el 2.17% obtenido de las lecturas sobre la Carretera Lechería – Apaxco en el punto hacia Teoloyucan, debido a la cercanía del tramo en estudio, ya que no existe un registro de los datos Viales sobre el PSV.

Además, el camino presentará un Nivel de servicio Tipo B, de acuerdo con el Manual de Proyecto geométrico 2018 publicado por la SCT.

Tabla 35 Capacidad instalada del proyecto

Proyección del Transito Diario Promedio Anual					
Clasificación vehicular				TDPA	23180
Año	A	B	C	Total Día	Total Anual 365
0	21,228	118	1,833	23,180	8,460,700
0	21,689	121	1,873	23,683	8,644,297
1	22,160	123	1,914	24,197	8,831,878
2	22,641	126	1,955	24,722	9,023,530
3	23,132	129	1,998	25,258	9,219,341
4	23,634	132	2,041	25,807	9,419,401
5	24,147	134	2,086	26,367	9,623,801
6	24,671	137	2,131	26,939	9,832,638
7	25,206	140	2,177	27,523	10,046,006
8	25,753	143	2,224	28,121	10,264,005
9	26,312	146	2,273	28,731	10,486,733
10	26,883	150	2,322	29,354	10,714,296
11	27,466	153	2,372	29,991	10,946,796
12	28,062	156	2,424	30,642	11,184,341
13	28,671	160	2,476	31,307	11,427,041
14	29,293	163	2,530	31,986	11,675,008
15	29,929	167	2,585	32,680	11,928,356
16	30,578	170	2,641	33,390	12,187,201

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

17	31,242	174	2,698	34,114	12,451,664
18	31,920	178	2,757	34,854	12,721,865
19	32,613	181	2,817	35,611	12,997,929
20	33,320	185	2,878	36,384	13,279,984
21	34,043	189	2,940	37,173	13,568,160
22	34,782	194	3,004	37,980	13,862,589
23	35,537	198	3,069	38,804	14,163,407
24	36,308	202	3,136	39,646	14,470,753
25	37,096	206	3,204	40,506	14,784,768
26	37,901	211	3,273	41,385	15,105,598
27	38,723	215	3,345	42,283	15,433,389
28	39,564	220	3,417	43,201	15,768,294
29	40,422	225	3,491	44,138	16,110,466
30	41,299	230	3,567	45,096	16,460,063
31	42,195	235	3,644	46,075	16,817,246
32	43,111	240	3,723	47,074	17,182,181
33	44,047	245	3,804	48,096	17,555,034
34	45,002	250	3,887	49,140	17,935,978
35	45,979	256	3,971	50,206	18,325,189
36	46,977	261	4,057	51,295	18,722,845
37	47,996	267	4,145	52,409	19,129,131
38	49,038	273	4,235	53,546	19,544,233
39	50,102	279	4,327	54,708	19,968,343
40	51,189	285	4,421	55,895	20,401,656
41	52,300	291	4,517	57,108	20,844,372
42	53,435	297	4,615	58,347	21,296,695
43	54,594	304	4,715	59,613	21,758,833
44	55,779	310	4,818	60,907	22,231,000
45	56,989	317	4,922	62,229	22,713,413
46	58,226	324	5,029	63,579	23,206,294
47	59,489	331	5,138	64,959	23,709,870
48	60,780	338	5,250	66,368	24,224,374
49	62,099	346	5,364	67,808	24,750,043
50	63,447	353	5,480	69,280	25,287,119

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

k) Metas del proyecto

A continuación, se presentan las metas correspondientes al proyecto.

Tabla 36 Metas del Proyecto

Metas		
Concepto	Unidad	Cantidad
Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan	ml	1,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV	pza	80.00
Parapeto: Tubo de acero galvanizado (diam.=7.6 cm, diam.=5.1 cm, diam.=6.4 cm, diam.=3.8 cm)	kg	16,964.0
Carpeta asfáltica	m3	1,258.5
Señalamiento horizontal (Raya continua sencilla, Raya discontinua, Raya guía en zona de transición, Rayas blanca canalizadora para separación de flujo en un solo sentido de circulación, Rayas amarilla canalizadora para separación de flujo en dos sentidos de circulación, Raya de alto, Raya de cruce peatonal, Raya de cruce peatonal, Rayas con espaciamiento logarítmico y Para prohibición de estacionamiento)	ml	7,359.5
Flechas, letras y números	pza	24.0
Botones retrorreflejantes	pza	241.0
Señalamiento vertical: señales preventivas, restrictivas e informativas	pza	58.0
Luminario para Alumbrado Público	pza	82.0

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

l) Vida Útil

La vida útil del PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro corresponde a 50 años. De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal la vida útil de estructuras de ingeniería civil como edificios y puentes corresponde a 50 años

m) Aspectos más Relevantes

Estudios técnicos

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

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

Estudios legales

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

Estudios ambientales

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

n) Análisis de la Oferta Con Proyecto

Como se mencionó anteriormente el proyecto consiste en ampliar y construir un PSV sobre las vías del FFCC México – Querétaro en municipio de Teoloyucan, para lo cual se pretende aumentar la capacidad geométrica del camino de 2 a 4 carriles de circulación a partir de la construcción de un PSV de 362 metros de longitud.

Este contará con un ancho de calzada de 7 metros con 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho cada uno. La superficie de rodamiento será de carpeta asfáltica. Además, contará con banquetas, guarniciones, obras de drenaje y señalamiento horizontal y vertical.

De esta manera, se contará con dos puentes sobre las vías del FFCC México – Querétaro en el municipio de Teoloyucan (uno por sentido de circulación). Cada uno contará con dos carriles de circulación, esto evitará el cuello de botella actual, mejorando la circulación de los usuarios con mayores velocidades, menores tiempos de traslado y bajos costos generalizados de viaje.

A continuación, se presentan las características físicas y geométricas con las que contará el PSV:

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

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE VEHICULAR	
Longitud a intervenir del tramo (km)	1.00 km
Longitud del PSV	362 m
Municipio (s)	Teoloyucan
Localidad (es)	Cabecera municipal de Teoloyucan
Tipo de terreno	Plano
Numero de cuerpos en el PSV	En la situación con proyecto se contará con dos puentes vehiculares con ancho de 7 metros cada uno.
Sentidos de circulación en el PSV	2
Camellón	Inexistente
Ancho de calzada (m) en el PSV	7 metros de ancho

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE VEHICULAR	
Número de carriles	Cada puente vehicular tiene dos carriles de circulación
Ancho promedio de carril (m)	3.50 metros
Acotamientos	Inexistentes
Ancho de los acotamientos:	-
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en buen estado
Índice de rugosidad (m/km)	3 mm/m
Obras de drenaje	Existentes en buen estado
Condiciones de señalamiento	Visible en buen estado
Pendiente media ascendente (%)	2.5%
Pendiente media descendente (%)	-2.7%
Proporción de viaje ascendente (%)	43.5%
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2252 msnm
Curvatura horizontal máx. (grados)	137.96°
Nivel de Servicio	B

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

Nivel de servicio

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

De acuerdo a esto, el nivel de Servicio Carretero sobre el Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y el PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro es un tipo de servicio Tipo B.

Tabla 38 Nivel de Servicio de carreteras

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

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

o) Análisis de la Demanda con Proyecto

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

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

Ilustración 16 Composición vehicular de acuerdo a la SCT

A	
B	
C2	
C3	
T3S2	
T3S3	
T3S2-R4	
OTRO	

1. Transito Diario Promedio Anual

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

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

Cabe mencionar que con el proyecto se considera que no hay congestión, por lo tanto solo se presenta el estudio con baja congestión. Sin embargo, se tendrán dos PSV por lo que el TDPA se dividió para cada cuerpo.

Tabla 39 TDPA proyecto

HORAS DE DEMANDA	T.D.P.A.
SENTIDO SUR-NORTE (CONSTRUCCIÓN DEL PSV))	11,277
SENTIDO NORTE-SUR (PUENTE ACTUAL)	11,903
TOTAL	23,180

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

2. Composición vehicular

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

Tabla 40 Composición vehicular

	A	B	C	TOTAL
SENTIDO SUR-NORTE (CONSTRUCCIÓN DEL PSV))	89.92%	0.51%	9.57%	100.00%
SENTIDO NORTE-SUR (PUENTE ACTUAL)	85.27%	0.92%	13.81%	100.00%

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

3. 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 41 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 590, IMT

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

4. Tasa de crecimiento

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

en las casetas de cobro de Autopistas y Puentes de cuota, que constituyen una de las fuentes más completas de información, en virtud de que su sistema de operación exige una clasificación detallada del tipo de vehículos que utilizan las obras a su cargo. Esta información, entre otras aplicaciones, es utilizada para correlacionar sus variaciones con los resultados de los conteos vehiculares que se efectúan en la red de carreteras para hacerlos representativos para todo el año.

Para obtener la tasa de crecimiento del presente proyecto se revisaron los datos históricos de incremento del tráfico en la zona de influencia del proyecto, tomando como reseña los datos históricos del libro de Datos Viales editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de los años 2014 al 2020. Para el caso del presente proyecto se toman en cuenta las lecturas sobre la Carretera Lechería – Apaxco en el punto hacia Teoloyucan, debido a la cercanía del tramo en estudio, ya que no existe un registro de los datos Viales sobre el PSV.

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.¹⁰

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 42 Tasa de crecimiento

Año	TDPA	Tasa de crecimiento
2014	6,668.00	2.62%
2015	6,843.00	1.97%
2016	6,978.00	2.19%
2017	7,131.00	0.81%
2018	7,189.00	11.95%
2019	8,048.00	-6.56%
2020	7,520.00	2.17%

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

Como se puede observar la tasa de crecimiento resultante de la evaluación de los datos viales de la SCT en promedio es de 2.17%. A lo largo del análisis se utilizará este valor como

¹⁰http://estadisticas.ambiente.gob.ar/archivos/web/Indicadores/file/multisitio/pdf/13_%20Tasa%20media%20anual%20de%20crecimiento%20poblacional.pdf

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

para el incremento del valor de los COV's y decremento de la velocidad durante el horizonte de evaluación.

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

Tabla 43 Proyección del TDPA

SENTIDO SUR-NORTE (CONSTRUCCIÓN DEL PSV)

Proyeccion del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	11,277.00
2.17%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		89.92%	0.51%	9.57%	100.00%	365
0	2021	10,140	57	1,080	11,277	4,116,105
0	2022	10,360	59	1,103	11,522	4,205,424
1	2023	10,585	60	1,127	11,772	4,296,682
2	2024	10,815	61	1,152	12,027	4,389,920
3	2025	11,049	62	1,176	12,288	4,485,181
4	2026	11,289	64	1,202	12,555	4,582,510
5	2027	11,534	65	1,228	12,827	4,681,950
6	2028	11,784	67	1,255	13,106	4,783,549
7	2029	12,040	68	1,282	13,390	4,887,352
8	2030	12,301	69	1,310	13,681	4,993,407
9	2031	12,568	71	1,338	13,977	5,101,764
10	2032	12,841	73	1,367	14,281	5,212,472
11	2033	13,120	74	1,397	14,591	5,325,583
12	2034	13,404	76	1,427	14,907	5,441,148
13	2035	13,695	77	1,458	15,231	5,559,221
14	2036	13,992	79	1,490	15,561	5,679,856
15	2037	14,296	81	1,522	15,899	5,803,109
16	2038	14,606	82	1,555	16,244	5,929,037
17	2039	14,923	84	1,589	16,596	6,057,697
18	2040	15,247	86	1,623	16,957	6,189,149
19	2041	15,578	88	1,659	17,325	6,323,453
20	2042	15,916	90	1,695	17,700	6,460,672
21	2043	16,261	92	1,731	18,085	6,600,869
22	2044	16,614	94	1,769	18,477	6,744,108
23	2045	16,975	96	1,807	18,878	6,890,455
24	2046	17,343	98	1,847	19,288	7,039,978
25	2047	17,719	100	1,887	19,706	7,192,745
26	2048	18,104	102	1,928	20,134	7,348,828
27	2049	18,497	104	1,969	20,571	7,508,297
28	2050	18,898	107	2,012	21,017	7,671,227
29	2051	19,308	109	2,056	21,473	7,837,693
30	2052	19,727	111	2,100	21,939	8,007,771
31	2053	20,155	114	2,146	22,415	8,181,540

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

32	2054	20,593	116	2,193	22,902	8,359,079
33	2055	21,039	119	2,240	23,399	8,540,471
34	2056	21,496	121	2,289	23,906	8,725,799
35	2057	21,963	124	2,339	24,425	8,915,149
36	2058	22,439	127	2,389	24,955	9,108,608
37	2059	22,926	129	2,441	25,497	9,306,265
38	2060	23,424	132	2,494	26,050	9,508,210
39	2061	23,932	135	2,548	26,615	9,714,539
40	2062	24,451	138	2,603	27,193	9,925,344
41	2063	24,982	141	2,660	27,783	10,140,724
42	2064	25,524	144	2,718	28,386	10,360,778
43	2065	26,078	147	2,777	29,002	10,585,607
44	2066	26,644	150	2,837	29,631	10,815,314
45	2067	27,222	154	2,898	30,274	11,050,007
46	2068	27,812	157	2,961	30,931	11,289,792
47	2069	28,416	160	3,026	31,602	11,534,780
48	2070	29,033	164	3,091	32,288	11,785,085
49	2071	29,663	168	3,158	32,989	12,040,821
50	2072	30,306	171	3,227	33,704	12,302,107

DIRECCIÓN NORTE-SUR

Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA	11,903.00	
2.17%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	89.92%	0.51%	9.57%	100.00%	365	
0	2021	10,703	60	1,140	11,903	4,344,595
0	2022	10,935	62	1,164	12,161	4,438,873
1	2023	11,172	63	1,190	12,425	4,535,196
2	2024	11,415	64	1,215	12,695	4,633,610
3	2025	11,663	66	1,242	12,970	4,734,159
4	2026	11,916	67	1,269	13,252	4,836,891
5	2027	12,174	69	1,296	13,539	4,941,851
6	2028	12,438	70	1,324	13,833	5,049,089
7	2029	12,708	72	1,353	14,133	5,158,655
8	2030	12,984	73	1,383	14,440	5,270,597
9	2031	13,266	75	1,413	14,753	5,384,969
10	2032	13,554	77	1,443	15,073	5,501,823
11	2033	13,848	78	1,474	15,401	5,621,213
12	2034	14,148	80	1,506	15,735	5,743,193
13	2035	14,455	82	1,539	16,076	5,867,820
14	2036	14,769	83	1,573	16,425	5,995,152
15	2037	15,090	85	1,607	16,781	6,125,247
16	2038	15,417	87	1,642	17,146	6,258,165
17	2039	15,752	89	1,677	17,518	6,393,967
18	2040	16,093	91	1,714	17,898	6,532,716

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

19	2041	16,443	93	1,751	18,286	6,674,476
20	2042	16,799	95	1,789	18,683	6,819,312
21	2043	17,164	97	1,828	19,088	6,967,291
22	2044	17,536	99	1,867	19,503	7,118,481
23	2045	17,917	101	1,908	19,926	7,272,952
24	2046	18,306	103	1,949	20,358	7,430,775
25	2047	18,703	106	1,991	20,800	7,592,023
26	2048	19,109	108	2,035	21,251	7,756,770
27	2049	19,524	110	2,079	21,713	7,925,092
28	2050	19,947	113	2,124	22,184	8,097,067
29	2051	20,380	115	2,170	22,665	8,272,773
30	2052	20,822	118	2,217	23,157	8,452,292
31	2053	21,274	120	2,265	23,659	8,635,707
32	2054	21,736	123	2,314	24,173	8,823,102
33	2055	22,207	125	2,365	24,697	9,014,563
34	2056	22,689	128	2,416	25,233	9,210,179
35	2057	23,182	131	2,468	25,781	9,410,040
36	2058	23,685	134	2,522	26,340	9,614,238
37	2059	24,199	137	2,577	26,912	9,822,867
38	2060	24,724	140	2,633	27,496	10,036,023
39	2061	25,260	143	2,690	28,093	10,253,805
40	2062	25,808	146	2,748	28,702	10,476,312
41	2063	26,368	149	2,808	29,325	10,703,648
42	2064	26,941	152	2,869	29,961	10,935,917
43	2065	27,525	155	2,931	30,612	11,173,227
44	2066	28,123	159	2,994	31,276	11,415,686
45	2067	28,733	162	3,059	31,955	11,663,406
46	2068	29,356	166	3,126	32,648	11,916,502
47	2069	29,993	169	3,194	33,356	12,175,090
48	2070	30,644	173	3,263	34,080	12,439,289
49	2071	31,309	177	3,334	34,820	12,709,222
50	2072	31,989	181	3,406	35,575	12,985,012

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

q) Diagnóstico De La Interacción de La Oferta- Demanda Con Proyecto

Al llevar a cabo el proyecto se contará con dos PSV sobre las vías del FFCC México lo cual permitirá mantener una circulación fluida y sin contratiempos, debido a que se evitará el cuello de botella generado actualmente.

Es decir la capacidad geométrica de la infraestructura aumentará de 1 cuerpo a dos cuerpos con dos carriles de circulación cada uno. Cada PSV operará para un sentido de circulación.

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

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

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

- **Velocidad y Tiempo de Recorrido**

El cálculo del tiempo de recorrido en una red en la que se presenta la situación de ruta con proyecto (situación deseable o futura), se realiza en gabinete con base en la velocidad de proyecto, misma que dependerá de las características geométricas de los tramos que integran la nueva ruta. Para el presente proyecto las velocidades de circulación del PSV se incrementarán debido al aumentar la oferta geométrica de contar con un puente a dos puentes, además de mejorar la superficie de rodamiento. Dicho lo anterior se considera que la velocidad máxima de circulación es de 75 km/hr de acuerdo al proyecto geométrico y condiciones de la zona.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

Tabla 44 Velocidades en situación con proyecto

Situación Con Proyecto SENTIDO SUR-NORTE (CONSTRUCCIÓN DEL PSV)			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	3		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	75.00	70.00	68.00
Vel. Prom (km/hr)	71.00		
Tiempo de recorrido	00:00:48	00:00:51	00:00:53

Situación Con Proyecto SENTIDO NORTE-SUR SENTIDO NORTE-SUR (PUENTE ACTUAL)			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
Velocidad (km/hr)	74.00	70.00	68.00
Vel. Prom (km/hr)	70.66666667		
Tiempo de recorrido	00:00:49	00:00:51	00:00:53

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

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

Tabla 45 Ahorros en tiempo de traslado

Tiempo de ahorro			
Clasificación	A	B	C
Situación actual	00:01:25	00:01:30	00:01:31
Situación con proyecto	00:00:49	00:00:51	00:00:53
Ahorro	00:00:36	00:00:39	00:00:38

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

- **Costos de Operación Vehicular**

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

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

Tabla 46 Costos de Operación Vehicular para cada tipo de vehículo

Situación Con Proyecto			
SENTIDO SUR-NORTE (CONSTRUCCIÓN DEL PSV)			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	3		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 5,517.66	\$ 16,427.28	\$ 10,470.04
COV (\$/km)/vehículo	\$ 5.52	\$ 16.43	\$ 10.47

Situación Con Proyecto			
DIRECCIÓN NORTE-SUR SENTIDO NORTE-SUR (PUENTE ACTUAL)			
Longitud (km)	1.00		
IRI (m/km)	7		
Clasificación	A	B	C
COV (\$/km) 1,000 vehículos	\$ 6,426.06	\$ 17,795.86	\$ 12,503.26
COV (\$/km)/vehículo	\$ 6.43	\$ 17.80	\$ 12.50

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

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

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

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

Dónde:

SHP= Valor tiempo por motivo de trabajo

VTpp= Valor del tiempo por motivo de placer

SMGP = salario mínimo por hora (en pesos)

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

HTPcenso2010 = promedio de las horas trabajadas por semana = 41.444

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

H = ingreso horario familiar = 2*FIP*SMH

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

Tabla 47 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

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

Cabe mencionar que se considera como año 0 a los años 2021 y 2022, ya que el proyecto estima dos años de evaluación, entrando en operación hasta el año 2023.

Tabla 48 Costos representativos de la situación con proyecto

SENTIDO SUR-NORTE (CONSTRUCCIÓN DEL PSV)

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)			Situación Sin Proyecto			TC		
Costo de Operación (\$/veh/km)			Costo de Operación (\$)			2.17%		
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	\$5.52	\$16.43	\$10.47	-	-	-	
1	2023	\$5.64	\$16.78	\$10.70	\$21,780,001.77	\$366,248.55	\$4,400,556.00	\$26,546,806.32
2	2024	\$5.76	\$17.15	\$10.93	\$22,735,509.83	\$382,316.20	\$4,593,612.31	\$27,711,438.34
3	2025	\$5.88	\$17.52	\$11.17	\$23,732,936.88	\$399,088.75	\$4,795,138.17	\$28,927,163.80
4	2026	\$6.01	\$17.90	\$11.41	\$24,774,121.95	\$416,597.13	\$5,005,505.15	\$30,196,224.22
5	2027	\$6.14	\$18.29	\$11.66	\$25,860,984.72	\$434,873.62	\$5,225,101.11	\$31,520,959.45
6	2028	\$6.28	\$18.69	\$11.91	\$26,995,529.14	\$453,951.91	\$5,454,330.95	\$32,903,812.00
7	2029	\$6.41	\$19.09	\$12.17	\$28,179,847.03	\$473,867.18	\$5,693,617.30	\$34,347,331.52
8	2030	\$6.55	\$19.51	\$12.43	\$29,416,122.00	\$494,656.16	\$5,943,401.36	\$35,854,179.52
9	2031	\$6.69	\$19.93	\$12.70	\$30,706,633.45	\$516,357.16	\$6,204,143.67	\$37,427,134.28
10	2032	\$6.84	\$20.36	\$12.98	\$32,053,760.79	\$539,010.21	\$6,476,324.97	\$39,069,095.97
11	2033	\$6.99	\$20.80	\$13.26	\$33,459,987.80	\$562,657.07	\$6,760,447.11	\$40,783,091.99
12	2034	\$7.14	\$21.25	\$13.55	\$34,927,907.25	\$587,341.34	\$7,057,033.95	\$42,572,282.53
13	2035	\$7.29	\$21.72	\$13.84	\$36,460,225.62	\$613,108.52	\$7,366,632.31	\$44,439,966.45
14	2036	\$7.45	\$22.19	\$14.14	\$38,059,768.17	\$640,006.14	\$7,689,813.02	\$46,389,587.33
15	2037	\$7.61	\$22.67	\$14.45	\$39,729,484.07	\$668,083.78	\$8,027,171.96	\$48,424,739.82
16	2038	\$7.78	\$23.16	\$14.76	\$41,472,451.90	\$697,393.21	\$8,379,331.14	\$50,549,176.25
17	2039	\$7.95	\$23.66	\$15.08	\$43,291,885.28	\$727,988.47	\$8,746,939.86	\$52,766,813.60
18	2040	\$8.12	\$24.18	\$15.41	\$45,191,138.81	\$759,925.97	\$9,130,675.89	\$55,081,740.68
19	2041	\$8.30	\$24.70	\$15.74	\$47,173,714.29	\$793,264.60	\$9,531,246.77	\$57,498,225.66
20	2042	\$8.48	\$25.24	\$16.08	\$49,243,267.12	\$828,065.82	\$9,949,391.05	\$60,020,724.00
21	2043	\$8.66	\$25.78	\$16.43	\$51,403,613.08	\$864,393.81	\$10,385,879.69	\$62,653,886.58
22	2044	\$8.85	\$26.34	\$16.79	\$53,658,735.33	\$902,315.53	\$10,841,517.47	\$65,402,568.34
23	2045	\$9.04	\$26.92	\$17.15	\$56,012,791.81	\$941,900.92	\$11,317,144.49	\$68,271,837.22
24	2046	\$9.24	\$27.50	\$17.53	\$58,470,122.84	\$983,222.95	\$11,813,637.70	\$71,266,983.48
25	2047	\$9.44	\$28.10	\$17.91	\$61,035,259.16	\$1,026,357.82	\$12,331,912.50	\$74,393,529.48
26	2048	\$9.64	\$28.71	\$18.30	\$63,712,930.30	\$1,071,385.05	\$12,872,924.47	\$77,657,239.82
27	2049	\$9.85	\$29.33	\$18.69	\$66,508,073.26	\$1,118,387.66	\$13,437,671.13	\$81,064,132.05
28	2050	\$10.06	\$29.97	\$19.10	\$69,425,841.63	\$1,167,452.33	\$14,027,193.72	\$84,620,487.67
29	2051	\$10.28	\$30.62	\$19.51	\$72,471,615.09	\$1,218,669.50	\$14,642,579.19	\$88,332,863.78
30	2052	\$10.51	\$31.28	\$19.94	\$75,651,009.34	\$1,272,133.61	\$15,284,962.17	\$92,208,105.13
31	2053	\$10.73	\$31.96	\$20.37	\$78,969,886.45	\$1,327,943.25	\$15,955,527.07	\$96,253,356.76

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

32	2054	\$10.97	\$32.65	\$20.81	\$82,434,365.65	\$1,386,201.30	\$16,655,510.24	\$100,476,077.19
33	2055	\$11.21	\$33.36	\$21.26	\$86,050,834.64	\$1,447,015.18	\$17,386,202.30	\$104,884,052.12
34	2056	\$11.45	\$34.08	\$21.72	\$89,825,961.34	\$1,510,497.03	\$18,148,950.46	\$109,485,408.84
35	2057	\$11.70	\$34.82	\$22.20	\$93,766,706.21	\$1,576,763.88	\$18,945,161.07	\$114,288,631.16
36	2058	\$11.95	\$35.58	\$22.68	\$97,880,335.07	\$1,645,937.91	\$19,776,302.15	\$119,302,575.13
37	2059	\$12.21	\$36.35	\$23.17	\$102,174,432.48	\$1,718,146.67	\$20,643,906.13	\$124,536,485.28
38	2060	\$12.48	\$37.14	\$23.67	\$106,656,915.77	\$1,793,523.30	\$21,549,572.66	\$130,000,011.73
39	2061	\$12.75	\$37.95	\$24.19	\$111,336,049.59	\$1,872,206.76	\$22,494,971.59	\$135,703,227.94
40	2062	\$13.02	\$38.77	\$24.71	\$116,220,461.17	\$1,954,342.14	\$23,481,846.02	\$141,656,649.33
41	2063	\$13.30	\$39.61	\$25.25	\$121,319,156.24	\$2,040,080.87	\$24,512,015.50	\$147,871,252.61
42	2064	\$13.59	\$40.47	\$25.79	\$126,641,535.60	\$2,129,581.03	\$25,587,379.44	\$154,358,496.06
43	2065	\$13.89	\$41.35	\$26.35	\$132,197,412.47	\$2,223,007.64	\$26,709,920.55	\$161,130,340.66
44	2066	\$14.19	\$42.25	\$26.93	\$137,997,030.61	\$2,320,532.97	\$27,881,708.53	\$168,199,272.12
45	2067	\$14.50	\$43.16	\$27.51	\$144,051,083.17	\$2,422,336.81	\$29,104,903.90	\$175,578,323.88
46	2068	\$14.81	\$44.10	\$28.11	\$150,370,732.39	\$2,528,606.89	\$30,381,761.94	\$183,281,101.21
47	2069	\$15.13	\$45.06	\$28.72	\$156,967,630.25	\$2,639,539.12	\$31,714,636.87	\$191,321,806.24
48	2070	\$15.46	\$46.04	\$29.34	\$163,853,939.89	\$2,755,338.05	\$33,105,986.22	\$199,715,264.16
49	2071	\$15.80	\$47.03	\$29.98	\$171,042,358.06	\$2,876,217.18	\$34,558,375.30	\$208,476,950.55
50	2072	\$16.14	\$48.05	\$30.63	\$178,546,138.54	\$3,002,399.39	\$36,074,481.98	\$217,623,019.91

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
Año	A	B	C	Valor Tiempo				
	A	B	C	A	B	C		
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	75.00	70.00	68.00	-	-	-	
1	2023	73.37	68.48	66.52	\$7,468,066.83	\$519,728.63	\$1,855,138.04	\$9,842,933.50
2	2024	71.78	66.99	65.08	\$7,799,370.21	\$542,785.18	\$1,937,436.92	\$10,279,592.31
3	2025	70.22	65.54	63.67	\$8,145,371.10	\$566,864.58	\$2,023,386.79	\$10,735,622.47
4	2026	68.70	64.12	62.29	\$8,506,721.51	\$592,012.21	\$2,113,149.63	\$11,211,883.34
5	2027	67.21	62.73	60.94	\$8,884,102.39	\$618,275.45	\$2,206,894.59	\$11,709,272.42
6	2028	65.75	61.37	59.61	\$9,278,224.89	\$645,703.80	\$2,304,798.33	\$12,228,727.01
7	2029	64.32	60.03	58.32	\$9,689,831.72	\$674,348.94	\$2,407,045.33	\$12,771,225.99
8	2030	62.93	58.73	57.05	\$10,119,698.52	\$704,264.86	\$2,513,828.29	\$13,337,791.68
9	2031	61.56	57.46	55.82	\$10,568,635.37	\$735,507.93	\$2,625,348.43	\$13,929,491.73
10	2032	60.23	56.21	54.60	\$11,037,488.25	\$768,137.03	\$2,741,815.89	\$14,547,441.17
11	2033	58.92	54.99	53.42	\$11,527,140.70	\$802,213.64	\$2,863,450.17	\$15,192,804.50
12	2034	57.64	53.80	52.26	\$12,038,515.44	\$837,801.98	\$2,990,480.46	\$15,866,797.87
13	2035	56.39	52.63	51.13	\$12,572,576.12	\$874,969.11	\$3,123,146.16	\$16,570,691.39
14	2036	55.17	51.49	50.02	\$13,130,329.17	\$913,785.07	\$3,261,697.26	\$17,305,811.50
15	2037	53.97	50.37	48.93	\$13,712,825.63	\$954,323.02	\$3,406,394.86	\$18,073,543.51
16	2038	52.80	49.28	47.87	\$14,321,163.18	\$996,659.34	\$3,557,511.63	\$18,875,334.15
17	2039	51.65	48.21	46.83	\$14,956,488.22	\$1,040,873.81	\$3,715,332.35	\$19,712,694.37
18	2040	50.53	47.16	45.81	\$15,619,997.97	\$1,087,049.75	\$3,880,154.41	\$20,587,202.12
19	2041	49.43	46.14	44.82	\$16,312,942.78	\$1,135,274.18	\$4,052,288.42	\$21,500,505.38
20	2042	48.36	45.14	43.85	\$17,036,628.48	\$1,185,637.97	\$4,232,058.75	\$22,454,325.20

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

21	2043	47.31	44.16	42.90	\$17,792,418.81	\$1,238,236.04	\$4,419,804.18	\$23,450,459.02
22	2044	46.29	43.20	41.97	\$18,581,738.01	\$1,293,167.49	\$4,615,878.49	\$24,490,783.99
23	2045	45.28	42.26	41.06	\$19,406,073.52	\$1,350,535.85	\$4,820,651.18	\$25,577,260.56
24	2046	44.30	41.35	40.16	\$20,266,978.75	\$1,410,449.23	\$5,034,508.14	\$26,711,936.12
25	2047	43.34	40.45	39.29	\$21,166,076.04	\$1,473,020.52	\$5,257,852.36	\$27,896,948.93
26	2048	42.40	39.57	38.44	\$22,105,059.69	\$1,538,367.65	\$5,491,104.73	\$29,134,532.07
27	2049	41.48	38.71	37.61	\$23,085,699.15	\$1,606,613.74	\$5,734,704.80	\$30,427,017.70
28	2050	40.58	37.87	36.79	\$24,109,842.41	\$1,677,887.42	\$5,989,111.62	\$31,776,841.44
29	2051	39.70	37.05	35.99	\$25,179,419.39	\$1,752,322.99	\$6,254,804.60	\$33,186,546.97
30	2052	38.83	36.25	35.21	\$26,296,445.66	\$1,830,060.71	\$6,532,284.43	\$34,658,790.80
31	2053	37.99	35.46	34.45	\$27,463,026.20	\$1,911,247.09	\$6,822,074.01	\$36,196,347.30
32	2054	37.17	34.69	33.70	\$28,681,359.36	\$1,996,035.11	\$7,124,719.43	\$37,802,113.90
33	2055	36.36	33.94	32.97	\$29,953,741.04	\$2,084,584.56	\$7,440,791.00	\$39,479,116.61
34	2056	35.57	33.20	32.25	\$31,282,568.97	\$2,177,062.30	\$7,770,884.36	\$41,230,515.63
35	2057	34.80	32.48	31.55	\$32,670,347.25	\$2,273,642.59	\$8,115,621.54	\$43,059,611.38
36	2058	34.05	31.78	30.87	\$34,119,691.08	\$2,374,507.45	\$8,475,652.17	\$44,969,850.71
37	2059	33.31	31.09	30.20	\$35,633,331.68	\$2,479,846.94	\$8,851,654.73	\$46,964,833.35
38	2060	32.58	30.41	29.54	\$37,214,121.41	\$2,589,859.57	\$9,244,337.77	\$49,048,318.75
39	2061	31.88	29.75	28.90	\$38,865,039.20	\$2,704,752.66	\$9,654,441.28	\$51,224,233.13
40	2062	31.18	29.11	28.27	\$40,589,196.10	\$2,824,742.71	\$10,082,738.07	\$53,496,676.88
41	2063	30.51	28.47	27.66	\$42,389,841.21	\$2,950,055.84	\$10,530,035.25	\$55,869,932.30
42	2064	29.85	27.86	27.06	\$44,270,367.75	\$3,080,928.19	\$10,997,175.73	\$58,348,471.66
43	2065	29.20	27.25	26.47	\$46,234,319.46	\$3,217,606.39	\$11,485,039.81	\$60,936,965.65
44	2066	28.56	26.66	25.90	\$48,285,397.31	\$3,360,348.00	\$11,994,546.84	\$63,640,292.15
45	2067	27.94	26.08	25.34	\$50,427,466.45	\$3,509,422.01	\$12,526,656.96	\$66,463,545.42
46	2068	27.34	25.52	24.79	\$52,664,563.51	\$3,665,109.34	\$13,082,372.91	\$69,412,045.75
47	2069	26.75	24.96	24.25	\$55,000,904.15	\$3,827,703.37	\$13,662,741.90	\$72,491,349.43
48	2070	26.16	24.42	23.72	\$57,440,891.11	\$3,997,510.52	\$14,268,857.61	\$75,707,259.23
49	2071	25.60	23.89	23.21	\$59,989,122.40	\$4,174,850.76	\$14,901,862.23	\$79,065,835.39
50	2072	25.04	23.37	22.70	\$62,650,400.04	\$4,360,058.28	\$15,562,948.62	\$82,573,406.94

CGV'S Anuales (\$)					
Año	A	B	C	Total	
0	2021	-	-	-	
0	2022	-	-	-	
1	2023	\$29,248,068.60	\$885,977.18	\$6,255,694.04	\$36,389,739.82
2	2024	\$30,534,880.04	\$925,101.38	\$6,531,049.23	\$37,991,030.65
3	2025	\$31,878,307.98	\$965,953.33	\$6,818,524.96	\$39,662,786.27
4	2026	\$33,280,843.45	\$1,008,609.34	\$7,118,654.78	\$41,408,107.57
5	2027	\$34,745,087.11	\$1,053,149.06	\$7,431,995.71	\$43,230,231.88
6	2028	\$36,273,754.03	\$1,099,655.71	\$7,759,129.28	\$45,132,539.01
7	2029	\$37,869,678.74	\$1,148,216.12	\$8,100,662.64	\$47,118,557.51
8	2030	\$39,535,820.52	\$1,198,921.02	\$8,457,229.65	\$49,191,971.19
9	2031	\$41,275,268.82	\$1,251,865.09	\$8,829,492.10	\$51,356,626.01
10	2032	\$43,091,249.04	\$1,307,147.24	\$9,218,140.87	\$53,616,537.14
11	2033	\$44,987,128.50	\$1,364,870.71	\$9,623,897.28	\$55,975,896.49

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

12	2034	\$46,966,422.68	\$1,425,143.31	\$10,047,514.41	\$58,439,080.40
13	2035	\$49,032,801.75	\$1,488,077.63	\$10,489,778.47	\$61,010,657.84
14	2036	\$51,190,097.34	\$1,553,791.21	\$10,951,510.28	\$63,695,398.83
15	2037	\$53,442,309.70	\$1,622,406.80	\$11,433,566.82	\$66,498,283.32
16	2038	\$55,793,615.08	\$1,694,052.54	\$11,936,842.77	\$69,424,510.40
17	2039	\$58,248,373.49	\$1,768,862.27	\$12,462,272.20	\$72,479,507.97
18	2040	\$60,811,136.78	\$1,846,975.72	\$13,010,830.30	\$75,668,942.80
19	2041	\$63,486,657.08	\$1,928,538.78	\$13,583,535.19	\$78,998,731.04
20	2042	\$66,279,895.60	\$2,013,703.79	\$14,181,449.80	\$82,475,049.19
21	2043	\$69,196,031.88	\$2,102,629.84	\$14,805,683.86	\$86,104,345.59
22	2044	\$72,240,473.34	\$2,195,483.03	\$15,457,395.96	\$89,893,352.33
23	2045	\$75,418,865.33	\$2,292,436.77	\$16,137,795.68	\$93,849,097.78
24	2046	\$78,737,101.59	\$2,393,672.18	\$16,848,145.84	\$97,978,919.61
25	2047	\$82,201,335.21	\$2,499,378.34	\$17,589,764.86	\$102,290,478.41
26	2048	\$85,817,989.99	\$2,609,752.70	\$18,364,029.21	\$106,791,771.89
27	2049	\$89,593,772.42	\$2,725,001.41	\$19,172,375.93	\$111,491,149.75
28	2050	\$93,535,684.03	\$2,845,339.75	\$20,016,305.33	\$116,397,329.11
29	2051	\$97,651,034.48	\$2,970,992.48	\$20,897,383.79	\$121,519,410.75
30	2052	\$101,947,455.00	\$3,102,194.33	\$21,817,246.60	\$126,866,895.93
31	2053	\$106,432,912.65	\$3,239,190.34	\$22,777,601.07	\$132,449,704.06
32	2054	\$111,115,725.02	\$3,382,236.41	\$23,780,229.66	\$138,278,191.10
33	2055	\$116,004,575.68	\$3,531,599.75	\$24,826,993.30	\$144,363,168.73
34	2056	\$121,108,530.31	\$3,687,559.33	\$25,919,834.82	\$150,715,924.46
35	2057	\$126,437,053.46	\$3,850,406.47	\$27,060,782.61	\$157,348,242.54
36	2058	\$132,000,026.15	\$4,020,445.36	\$28,251,954.33	\$164,272,425.84
37	2059	\$137,807,764.16	\$4,197,993.61	\$29,495,560.86	\$171,501,318.63
38	2060	\$143,871,037.18	\$4,383,382.87	\$30,793,910.43	\$179,048,330.48
39	2061	\$150,201,088.78	\$4,576,959.42	\$32,149,412.87	\$186,927,461.07
40	2062	\$156,809,657.27	\$4,779,084.84	\$33,564,584.09	\$195,153,326.20
41	2063	\$163,708,997.45	\$4,990,136.70	\$35,042,050.75	\$203,741,184.90
42	2064	\$170,911,903.34	\$5,210,509.22	\$36,584,555.17	\$212,706,967.73
43	2065	\$178,431,731.93	\$5,440,614.03	\$38,194,960.35	\$222,067,306.32
44	2066	\$186,282,427.93	\$5,680,880.97	\$39,876,255.37	\$231,839,564.26
45	2067	\$194,478,549.62	\$5,931,758.82	\$41,631,560.86	\$242,041,869.30
46	2068	\$203,035,295.89	\$6,193,716.23	\$43,464,134.84	\$252,693,146.96
47	2069	\$211,968,534.40	\$6,467,242.50	\$45,377,378.77	\$263,813,155.67
48	2070	\$221,294,831.00	\$6,752,848.57	\$47,374,843.83	\$275,422,523.39
49	2071	\$231,031,480.47	\$7,051,067.94	\$49,460,237.53	\$287,542,785.93
50	2072	\$241,196,538.58	\$7,362,457.67	\$51,637,430.60	\$300,196,426.86

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

DIRECCIÓN NORTE-SUR SENTIDO NORTE-SUR (PUENTE ACTUAL)

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)			Situación Sin Proyecto			TC		
Costo de Operación (\$/veh/km)			Costo de Operación (\$)			2.17%		
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2021			-	-	-	-	
0	2022	\$6.43	\$17.80	\$12.50	-	-	-	
1	2023	\$6.57	\$18.18	\$12.77	\$26,773,831.50	\$418,786.03	\$5,546,836.72	\$32,739,454.24
2	2024	\$6.71	\$18.58	\$13.05	\$27,948,423.31	\$437,158.55	\$5,790,181.38	\$34,175,763.24
3	2025	\$6.85	\$18.98	\$13.34	\$29,174,545.52	\$456,337.08	\$6,044,201.79	\$35,675,084.39
4	2026	\$7.00	\$19.39	\$13.62	\$30,454,458.79	\$476,356.99	\$6,309,366.30	\$37,240,182.09
5	2027	\$7.15	\$19.81	\$13.92	\$31,790,523.01	\$497,255.20	\$6,586,163.82	\$38,873,942.02
6	2028	\$7.31	\$20.24	\$14.22	\$33,185,201.54	\$519,070.23	\$6,875,104.69	\$40,579,376.46
7	2029	\$7.47	\$20.68	\$14.53	\$34,641,065.87	\$541,842.30	\$7,176,721.65	\$42,359,629.82
8	2030	\$7.63	\$21.13	\$14.85	\$36,160,800.26	\$565,613.40	\$7,491,570.81	\$44,217,984.48
9	2031	\$7.80	\$21.59	\$15.17	\$37,747,206.75	\$590,427.37	\$7,820,232.69	\$46,157,866.81
10	2032	\$7.96	\$22.06	\$15.50	\$39,403,210.31	\$616,329.94	\$8,163,313.26	\$48,182,853.51
11	2033	\$8.14	\$22.54	\$15.83	\$41,131,864.21	\$643,368.88	\$8,521,445.08	\$50,296,678.17
12	2034	\$8.31	\$23.03	\$16.18	\$42,936,355.70	\$671,594.05	\$8,895,288.46	\$52,503,238.21
13	2035	\$8.49	\$23.52	\$16.53	\$44,820,011.84	\$701,057.48	\$9,285,532.68	\$54,806,602.00
14	2036	\$8.68	\$24.04	\$16.89	\$46,786,305.65	\$731,813.49	\$9,692,897.26	\$57,211,016.41
15	2037	\$8.87	\$24.56	\$17.25	\$48,838,862.52	\$763,918.80	\$10,118,133.29	\$59,720,914.61
16	2038	\$9.06	\$25.09	\$17.63	\$50,981,466.88	\$797,432.60	\$10,562,024.80	\$62,340,924.29
17	2039	\$9.26	\$25.63	\$18.01	\$53,218,069.21	\$832,416.68	\$11,025,390.23	\$65,075,876.12
18	2040	\$9.46	\$26.19	\$18.40	\$55,552,793.27	\$868,935.54	\$11,509,083.91	\$67,930,812.72
19	2041	\$9.66	\$26.76	\$18.80	\$57,989,943.75	\$907,056.52	\$12,013,997.67	\$70,910,997.94
20	2042	\$9.87	\$27.34	\$19.21	\$60,534,014.20	\$946,849.89	\$12,541,062.44	\$74,021,926.53
21	2043	\$10.09	\$27.93	\$19.63	\$63,189,695.27	\$988,389.04	\$13,091,250.01	\$77,269,334.32
22	2044	\$10.31	\$28.54	\$20.05	\$65,961,883.44	\$1,031,750.55	\$13,665,574.80	\$80,659,208.79
23	2045	\$10.53	\$29.16	\$20.49	\$68,855,689.98	\$1,077,014.36	\$14,265,095.73	\$84,197,800.07
24	2046	\$10.76	\$29.79	\$20.93	\$71,876,450.38	\$1,124,263.94	\$14,890,918.17	\$87,891,632.49
25	2047	\$10.99	\$30.44	\$21.38	\$75,029,734.23	\$1,173,586.40	\$15,544,196.01	\$91,747,516.63
26	2048	\$11.23	\$31.10	\$21.85	\$78,321,355.44	\$1,225,072.68	\$16,226,133.72	\$95,772,561.84
27	2049	\$11.47	\$31.77	\$22.32	\$81,757,383.01	\$1,278,817.71	\$16,937,988.65	\$99,974,189.37
28	2050	\$11.72	\$32.46	\$22.81	\$85,344,152.17	\$1,334,920.58	\$17,681,073.28	\$104,360,146.03
29	2051	\$11.98	\$33.17	\$23.30	\$89,088,276.08	\$1,393,484.73	\$18,456,757.71	\$108,938,518.52
30	2052	\$12.24	\$33.89	\$23.81	\$92,996,658.04	\$1,454,618.15	\$19,266,472.09	\$113,717,748.28
31	2053	\$12.50	\$34.62	\$24.32	\$97,076,504.20	\$1,518,433.54	\$20,111,709.37	\$118,706,647.11
32	2054	\$12.77	\$35.37	\$24.85	\$101,335,336.83	\$1,585,048.57	\$20,994,027.96	\$123,914,413.37
33	2055	\$13.05	\$36.14	\$25.39	\$105,781,008.25	\$1,654,586.06	\$21,915,054.65	\$129,350,648.96
34	2056	\$13.33	\$36.92	\$25.94	\$110,421,715.23	\$1,727,174.23	\$22,876,487.60	\$135,025,377.06
35	2057	\$13.62	\$37.73	\$26.51	\$115,266,014.15	\$1,802,946.90	\$23,880,099.47	\$140,949,060.52
36	2058	\$13.92	\$38.54	\$27.08	\$120,322,836.78	\$1,882,043.78	\$24,927,740.69	\$147,132,621.25
37	2059	\$14.22	\$39.38	\$27.67	\$125,601,506.71	\$1,964,610.72	\$26,021,342.86	\$153,587,460.29
38	2060	\$14.53	\$40.24	\$28.27	\$131,111,756.60	\$2,050,799.94	\$27,162,922.33	\$160,325,478.87
39	2061	\$14.84	\$41.11	\$28.88	\$136,863,746.05	\$2,140,770.36	\$28,354,583.91	\$167,359,100.32

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

40	2062	\$15.17	\$42.00	\$29.51	\$142,868,080.40	\$2,234,687.86	\$29,598,524.74	\$174,701,293.00
41	2063	\$15.50	\$42.91	\$30.15	\$149,135,830.24	\$2,332,725.60	\$30,897,038.36	\$182,365,594.20
42	2064	\$15.83	\$43.84	\$30.80	\$155,678,551.84	\$2,435,064.35	\$32,252,518.94	\$190,366,135.13
43	2065	\$16.18	\$44.79	\$31.47	\$162,508,308.46	\$2,541,892.79	\$33,667,465.65	\$198,717,666.90
44	2066	\$16.53	\$45.77	\$32.16	\$169,637,692.59	\$2,653,407.89	\$35,144,487.33	\$207,435,587.81
45	2067	\$16.88	\$46.76	\$32.85	\$177,079,849.14	\$2,769,815.26	\$36,686,307.27	\$216,535,971.66
46	2068	\$17.25	\$47.77	\$33.57	\$184,848,499.72	\$2,891,329.52	\$38,295,768.22	\$226,035,597.45
47	2069	\$17.63	\$48.81	\$34.29	\$192,957,967.92	\$3,018,174.72	\$39,975,837.65	\$235,951,980.29
48	2070	\$18.01	\$49.87	\$35.04	\$201,423,205.70	\$3,150,584.73	\$41,729,613.23	\$246,303,403.66
49	2071	\$18.40	\$50.95	\$35.80	\$210,259,821.00	\$3,288,803.68	\$43,560,328.50	\$257,108,953.19
50	2072	\$18.80	\$52.06	\$36.58	\$219,484,106.48	\$3,433,086.43	\$45,471,358.88	\$268,388,551.79

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2021							
0	2022	74.00	70.00	68.00				
1	2023	72.39	68.48	66.52	\$7,989,150.31	\$548,579.40	\$1,958,119.01	\$10,495,848.72
2	2024	70.82	66.99	65.08	\$8,343,570.35	\$572,915.85	\$2,044,986.40	\$10,961,472.60
3	2025	69.29	65.54	63.67	\$8,713,713.41	\$598,331.92	\$2,135,707.46	\$11,447,752.79
4	2026	67.78	64.12	62.29	\$9,100,277.00	\$624,875.52	\$2,230,453.14	\$11,955,605.67
5	2027	66.31	62.73	60.94	\$9,503,989.59	\$652,596.67	\$2,329,402.00	\$12,485,988.25
6	2028	64.87	61.37	59.61	\$9,925,611.94	\$681,547.60	\$2,432,740.49	\$13,039,900.03
7	2029	63.47	60.03	58.32	\$10,365,938.59	\$711,782.87	\$2,540,663.35	\$13,618,384.81
8	2030	62.09	58.73	57.05	\$10,825,799.30	\$743,359.46	\$2,653,373.96	\$14,222,532.72
9	2031	60.74	57.46	55.82	\$11,306,060.66	\$776,336.87	\$2,771,084.71	\$14,853,482.25
10	2032	59.42	56.21	54.60	\$11,807,627.70	\$810,777.25	\$2,894,017.43	\$15,512,422.38
11	2033	58.13	54.99	53.42	\$12,331,445.59	\$846,745.49	\$3,022,403.77	\$16,200,594.85
12	2034	56.87	53.80	52.26	\$12,878,501.44	\$884,309.38	\$3,156,485.67	\$16,919,296.49
13	2035	55.64	52.63	51.13	\$13,449,826.15	\$923,539.71	\$3,296,515.80	\$17,669,881.66
14	2036	54.43	51.49	50.02	\$14,046,496.34	\$964,510.40	\$3,442,758.05	\$18,453,764.79
15	2037	53.25	50.37	48.93	\$14,669,636.42	\$1,007,298.65	\$3,595,487.99	\$19,272,423.06
16	2038	52.09	49.28	47.87	\$15,320,420.66	\$1,051,985.11	\$3,754,993.43	\$20,127,399.21
17	2039	50.96	48.21	46.83	\$16,000,075.43	\$1,098,653.98	\$3,921,574.97	\$21,020,304.37
18	2040	49.86	47.16	45.81	\$16,709,881.49	\$1,147,393.20	\$4,095,546.50	\$21,952,821.20
19	2041	48.78	46.14	44.82	\$17,451,176.45	\$1,198,294.63	\$4,277,235.88	\$22,926,706.96
20	2042	47.72	45.14	43.85	\$18,225,357.23	\$1,251,454.18	\$4,466,985.48	\$23,943,796.89
21	2043	46.68	44.16	42.90	\$19,033,882.74	\$1,306,972.03	\$4,665,152.89	\$25,006,007.65
22	2044	45.67	43.20	41.97	\$19,878,276.60	\$1,364,952.79	\$4,872,111.52	\$26,115,340.92
23	2045	44.68	42.26	41.06	\$20,760,130.02	\$1,425,505.74	\$5,088,251.40	\$27,273,887.16
24	2046	43.71	41.35	40.16	\$21,681,104.82	\$1,488,744.99	\$5,313,979.82	\$28,483,829.62
25	2047	42.76	40.45	39.29	\$22,642,936.51	\$1,554,789.69	\$5,549,722.15	\$29,747,448.35
26	2048	41.83	39.57	38.44	\$23,647,437.63	\$1,623,764.31	\$5,795,922.64	\$31,067,124.58
27	2049	40.92	38.71	37.61	\$24,696,501.10	\$1,695,798.83	\$6,053,045.25	\$32,445,345.18
28	2050	40.04	37.87	36.79	\$25,792,103.83	\$1,771,028.99	\$6,321,574.49	\$33,884,707.32

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

29	2051	39.17	37.05	35.99	\$26,936,310.42	\$1,849,596.57	\$6,602,016.42	\$35,387,923.40
30	2052	38.32	36.25	35.21	\$28,131,277.07	\$1,931,649.61	\$6,894,899.49	\$36,957,826.17
31	2053	37.49	35.46	34.45	\$29,379,255.63	\$2,017,342.74	\$7,200,775.64	\$38,597,374.01
32	2054	36.67	34.69	33.70	\$30,682,597.85	\$2,106,837.45	\$7,520,221.28	\$40,309,656.58
33	2055	35.88	33.94	32.97	\$32,043,759.81	\$2,200,302.39	\$7,853,838.37	\$42,097,900.57
34	2056	35.10	33.20	32.25	\$33,465,306.55	\$2,297,913.68	\$8,202,255.61	\$43,965,475.83
35	2057	34.34	32.48	31.55	\$34,949,916.90	\$2,399,855.26	\$8,566,129.57	\$45,915,901.73
36	2058	33.59	31.78	30.87	\$36,500,388.52	\$2,506,319.25	\$8,946,145.95	\$47,952,853.72
37	2059	32.86	31.09	30.20	\$38,119,643.21	\$2,617,506.26	\$9,343,020.87	\$50,080,170.34
38	2060	32.15	30.41	29.54	\$39,810,732.36	\$2,733,625.83	\$9,757,502.22	\$52,301,860.41
39	2061	31.45	29.75	28.90	\$41,576,842.74	\$2,854,896.77	\$10,190,371.07	\$54,622,110.58
40	2062	30.77	29.11	28.27	\$43,421,302.49	\$2,981,547.61	\$10,642,443.14	\$57,045,293.24
41	2063	30.10	28.47	27.66	\$45,347,587.41	\$3,113,817.03	\$11,114,570.33	\$59,575,974.76
42	2064	29.45	27.86	27.06	\$47,359,327.46	\$3,251,954.26	\$11,607,642.34	\$62,218,924.06
43	2065	28.81	27.25	26.47	\$49,460,313.67	\$3,396,219.64	\$12,122,588.35	\$64,979,121.66
44	2066	28.18	26.66	25.90	\$51,654,505.24	\$3,546,885.01	\$12,660,378.73	\$67,861,768.98
45	2067	27.57	26.08	25.34	\$53,946,037.01	\$3,704,234.30	\$13,222,026.94	\$70,872,298.24
46	2068	26.97	25.52	24.79	\$56,339,227.24	\$3,868,564.02	\$13,808,591.35	\$74,016,382.62
47	2069	26.39	24.96	24.25	\$58,838,585.78	\$4,040,183.85	\$14,421,177.33	\$77,299,946.97
48	2070	25.82	24.42	23.72	\$61,448,822.55	\$4,219,417.19	\$15,060,939.26	\$80,729,179.00
49	2071	25.26	23.89	23.21	\$64,174,856.38	\$4,406,601.80	\$15,729,082.74	\$84,310,540.92
50	2072	24.71	23.37	22.70	\$67,021,824.35	\$4,602,090.43	\$16,426,866.85	\$88,050,781.62

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2021	-	-	-	-
0	2022	-	-	-	-
1	2023	\$34,762,981.81	\$967,365.43	\$7,504,955.73	\$43,235,302.97
2	2024	\$36,291,993.66	\$1,010,074.39	\$7,835,167.78	\$45,137,235.83
3	2025	\$37,888,258.93	\$1,054,669.00	\$8,179,909.25	\$47,122,837.18
4	2026	\$39,554,735.80	\$1,101,232.52	\$8,539,819.44	\$49,195,787.76
5	2027	\$41,294,512.59	\$1,149,851.87	\$8,915,565.81	\$51,359,930.28
6	2028	\$43,110,813.48	\$1,200,617.83	\$9,307,845.17	\$53,619,276.49
7	2029	\$45,007,004.46	\$1,253,625.17	\$9,717,385.00	\$55,978,014.63
8	2030	\$46,986,599.56	\$1,308,972.87	\$10,144,944.77	\$58,440,517.20
9	2031	\$49,053,267.41	\$1,366,764.24	\$10,591,317.41	\$61,011,349.06
10	2032	\$51,210,838.00	\$1,427,107.19	\$11,057,330.69	\$63,695,275.89
11	2033	\$53,463,309.80	\$1,490,114.38	\$11,543,848.85	\$66,497,273.03
12	2034	\$55,814,857.14	\$1,555,903.43	\$12,051,774.13	\$69,422,534.70
13	2035	\$58,269,837.99	\$1,624,597.19	\$12,582,048.48	\$72,476,483.66
14	2036	\$60,832,801.99	\$1,696,323.89	\$13,135,655.31	\$75,664,781.19
15	2037	\$63,508,498.94	\$1,771,217.46	\$13,713,621.28	\$78,993,337.68
16	2038	\$66,301,887.55	\$1,849,417.71	\$14,317,018.24	\$82,468,323.50
17	2039	\$69,218,144.64	\$1,931,070.66	\$14,946,965.20	\$86,096,180.49
18	2040	\$72,262,674.76	\$2,016,328.74	\$15,604,630.42	\$89,883,633.92
19	2041	\$75,441,120.20	\$2,105,351.14	\$16,291,233.55	\$93,837,704.90

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

20	2042	\$78,759,371.43	\$2,198,304.07	\$17,008,047.92	\$97,965,723.42
21	2043	\$82,223,578.01	\$2,295,361.07	\$17,756,402.90	\$102,275,341.98
22	2044	\$85,840,160.04	\$2,396,703.34	\$18,537,686.32	\$106,774,549.71
23	2045	\$89,615,820.00	\$2,502,520.11	\$19,353,347.13	\$111,471,687.23
24	2046	\$93,557,555.19	\$2,613,008.93	\$20,204,897.99	\$116,375,462.11
25	2047	\$97,672,670.74	\$2,728,376.09	\$21,093,918.16	\$121,494,964.98
26	2048	\$101,968,793.07	\$2,848,836.99	\$22,022,056.36	\$126,839,686.43
27	2049	\$106,453,884.11	\$2,974,616.54	\$22,991,033.89	\$132,419,534.55
28	2050	\$111,136,256.00	\$3,105,949.57	\$24,002,647.78	\$138,244,853.35
29	2051	\$116,024,586.50	\$3,243,081.30	\$25,058,774.12	\$144,326,441.92
30	2052	\$121,127,935.11	\$3,386,267.76	\$26,161,371.58	\$150,675,574.45
31	2053	\$126,455,759.82	\$3,535,776.29	\$27,312,485.01	\$157,304,021.12
32	2054	\$132,017,934.68	\$3,691,886.03	\$28,514,249.24	\$164,224,069.94
33	2055	\$137,824,768.06	\$3,854,888.45	\$29,768,893.02	\$171,448,549.53
34	2056	\$143,887,021.77	\$4,025,087.90	\$31,078,743.21	\$178,990,852.89
35	2057	\$150,215,931.04	\$4,202,802.16	\$32,446,229.04	\$186,864,962.25
36	2058	\$156,823,225.30	\$4,388,363.03	\$33,873,886.64	\$195,085,474.97
37	2059	\$163,721,149.93	\$4,582,116.98	\$35,364,363.73	\$203,667,630.64
38	2060	\$170,922,488.96	\$4,784,425.77	\$36,920,424.55	\$212,627,339.28
39	2061	\$178,440,588.79	\$4,995,667.13	\$38,544,954.98	\$221,981,210.90
40	2062	\$186,289,382.89	\$5,216,235.47	\$40,240,967.88	\$231,746,586.24
41	2063	\$194,483,417.64	\$5,446,542.63	\$42,011,608.69	\$241,941,568.96
42	2064	\$203,037,879.30	\$5,687,018.62	\$43,860,161.28	\$252,585,059.19
43	2065	\$211,968,622.13	\$5,938,112.43	\$45,790,053.99	\$263,696,788.56
44	2066	\$221,292,197.83	\$6,200,292.90	\$47,804,866.06	\$275,297,356.79
45	2067	\$231,025,886.15	\$6,474,049.55	\$49,908,334.20	\$287,408,269.90
46	2068	\$241,187,726.96	\$6,759,893.54	\$52,104,359.57	\$300,051,980.07
47	2069	\$251,796,553.70	\$7,058,358.57	\$54,397,014.99	\$313,251,927.26
48	2070	\$262,872,028.25	\$7,370,001.92	\$56,790,552.49	\$327,032,582.66
49	2071	\$274,434,677.38	\$7,695,405.49	\$59,289,411.24	\$341,419,494.11
50	2072	\$286,505,930.83	\$8,035,176.85	\$61,898,225.73	\$356,439,333.42

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

V. Evaluación del Proyecto de Inversión

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

Etapa de ejecución.

La " Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" constará de un monto de inversión de 86.312 mdp provenientes del Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD 2021).

- **Monto de Inversión**

*Terracerías	\$2,581,378.50
*Estructuras	\$58,245,095.80
*Obras de drenaje y su drenaje	\$871,750.00
*Pavimentos	\$8,198,913.00
*Señalamiento	\$422,631.00
*Señalamiento para protección de obra	\$1,416,178.25
*Obras inducidas	\$191,850.00
*Alumbrado publico	\$2,479,100.00
Subtotal	\$74,406,896.55
IVA	\$11,905,103.45
Total	\$86,312,000.00

A continuación, se presentan los componentes de "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 49 Componentes de inversión del proyecto

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU C/IVA	IMPORTE C/IVA
Terracerías	Despalme	m ³	1,511.70	\$116.00	\$175,357.20
	Cortes	m ³	7,695.2	\$145.00	\$1,115,804.00
	Excavación para cajas y tendido de tubos (zanjas)	m ³	607.0	\$214.60	\$130,262.20
	Excavación para cimentaciones	m ³	982.5	\$237.80	\$233,638.50

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

	Formación de terraplenes compactados al 95% de su PVSM AASHTO.	m ³	1,224.9	\$348.00	\$426,265.20
	Formación de terraplenes compactados al 90% de su PVSM AASHTO, en rellenos de banquetas y camellón.	m ³	33.0	\$365.40	\$12,058.20
	Formación de capa subrasante compactada al 100% de su PVSM AASHTO, en la construcción del terraplén.	m ³	2,505.6	\$359.60	\$901,013.76
	ESTRUCTURAS PUENTE FERROCARRILES				
	Concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm ² en banquetas de puente de f'c = 150 kg/cm ²	m ³	119.0	\$2,610.00	\$310,590.00
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en remates de parapeto	m ³	1.84	\$4,176.00	\$7,683.84
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en guarnición y banquetas	m ³	100.00	\$4,060.00	\$406,000.00
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en losas de acceso	m ³	36.00	\$4,118.00	\$148,248.00
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en losas y diafragmas	m ³	594.64	\$4,152.80	\$2,469,420.99
	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en zapatas	m ³	230.00	\$4,129.60	\$949,808.00
Estrcturas	Concreto hidráulico de f'c = 250 kg/cm ² en muro	m ³	291.70	\$2,992.80	\$872,999.76
	Concreto hidráulico de f'c = 300 kg/cm ² en cabezal, diafragmas extremos, bancos, ménsula, aleros y topes antisísmicos	m ³	379.1	\$5,220.00	\$1,978,641.00
	Concreto hidráulico de f'c = 300 kg/cm ² en pilas-columnas de diámetro=1.20 en caballetes y pilas	m ³	1,194.35	\$5,162.00	\$6,165,234.70
	Acero para concreto hidráulico (Varillas f'y=4,200 kg/cm ²) en remates de parapeto.	kg	284.00	\$32.48	\$9,224.32
	Acero para concreto hidráulico (Varillas f'y=4,200 kg/cm ²) en guarnición y banqueteta	kg	38,840.00	\$32.48	\$1,261,523.20
	Acero para concreto hidráulico (Varillas f'y=4,200 kg/cm ²) en losas de acceso	kg	3,496.00	\$32.48	\$113,550.08

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en losas y diafragmas	kg	82,185.78	\$32.48	\$2,669,394.13
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en junta de dilatación en losas	kg	20.00	\$32.48	\$649.60
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en cabezal, diafragmas extremos, bancos, ménsula, aleros y topes antisísmicos	kg	41,792.00	\$32.48	\$1,357,404.16
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en pilas-columnas de diámetro=1.20 en caballetes y pilas	kg	165,802.00	\$32.48	\$5,385,248.96
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en zapatas	kg	16,408.50	\$32.48	\$532,948.08
Acero para concreto hidráulico (Varillas $f'y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) en muro	kg	31,435.62	\$32.48	\$1,021,028.94
Acero estructural en losas, Acero Estructural A-36 (En pilastras) placas de 10x30x1.9	pza	104.00	\$522.00	\$54,288.00
Acero Estructural A-36 (en pilastras)	kg	16,864.00	\$87.00	\$1,467,168.00
Varillas "G" con rosca en sus extremos L.E> 4000 kg/cm2	kg	1,277.30	\$84.68	\$108,161.76
Tuercas	pza	208.00	\$29.00	\$6,032.00
Roldana Galvanizada de 2.1 x 6.8 x 3.8 (0.6 espesor)	pza	208.00	\$17.40	\$3,619.20
Pernos de diam.= 2.54 cm con tuerca	pza	1,984.00	\$98.60	\$195,622.40
Concreto reforzado: construcción de muro de contención de $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ y $f'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$	m ³	246.00	\$5,568.00	\$1,369,728.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 19.57 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.	pza.	4.00	\$377,000.00	\$1,508,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.10 m de longitud, según proyecto; $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.	pza.	4.00	\$382,800.00	\$1,531,200.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.63 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$394,400.00	\$1,577,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$406,000.00	\$1,624,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.69 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$415,280.00	\$1,661,120.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 25.77 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	2.00	\$493,000.00	\$986,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.86 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	2.00	\$513,880.00	\$1,027,760.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 27.96 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	2.00	\$533,600.00	\$1,067,200.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 29.05 m de longitud, según proyecto; f'c = 450 kg/cm ² .	pza.	2.00	\$556,800.00	\$1,113,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 30.14 m de longitud, según proyecto; f'c = 450 kg/cm ² .	pza.	2.00	\$574,200.00	\$1,148,400.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 26.93 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	10.00	\$516,200.00	\$5,162,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.59 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$394,400.00	\$394,400.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.78 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$396,720.00	\$396,720.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.97 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$401,360.00	\$401,360.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.16 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$406,000.00	\$406,000.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.35 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$408,320.00	\$408,320.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.55 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$394,400.00	\$1,577,600.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.05 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$402,520.00	\$1,610,080.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 21.54 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$411,800.00	\$1,647,200.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.03 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$421,080.00	\$1,684,320.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.51 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	4.00	\$429,200.00	\$1,716,800.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.60 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$487,200.00	\$487,200.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 22.83 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$489,520.00	\$489,520.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.07 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$494,160.00	\$494,160.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.30 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$499,960.00	\$499,960.00
Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 23.54 m de longitud, según proyecto; f'c = 400 kg/cm ² .	pza.	1.00	\$504,600.00	\$504,600.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Estructuras de concreto presforzado: Trabe ASSHTO Tipo IV de 20.00 m de longitud, según proyecto; f'c = 350 kg/cm ² .	pza.	10.00	\$382,800.00	\$3,828,000.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto (según proyecto, incluye elementos de unión) diam.=7.6 cm	kg	11,181.0	\$87.00	\$972,747.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=5.1 cm	kg	5,343.0	\$87.00	\$464,841.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=6.4 cm	kg	300.0	\$87.00	\$26,100.00
Estructuras de acero en puentes: Tubo de acero galvanizado cédula 40 para parapeto diam.=3.8 cm	kg	140.0	\$87.00	\$12,180.00
Neopreno astm d2240, dureza "shore a-60" 20x10x1.6	dm ³	5.20	\$232.00	\$1,206.40
Ductos de plástico de 22 cm x 5/8" Ø. En losas	pza.	14.00	\$87.00	\$1,218.00
Cartón asfaltado de 2 cm de espesor en respaldo de caballete en losas de aproximación	m ²	7.6	\$174.00	\$1,322.40
Tapón de cartón asfaltado comprimido en diafragma extremo	pza	14.00	\$290.00	\$4,060.00
Poliestireno de 20 cm de ancho y 1.9 cm de espesor en ménsula de diafragma extremo	m ²	4.60	\$348.00	\$1,600.80
ESTRUCTURAS GENERALES			\$0.00	\$0.00
Guarniciones de concreto hidráulico f'c=200 Kg/cm ² , de 0.09 m ² de sección transversal.	m	2917	\$371.20	\$1,082,790.40
Banquetas de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm ² , de 0.10 m de espesor.	m2	3,076.0	\$348.00	\$1,070,448.00
Demolición de concreto hidráulico	m ³	170.0	\$638.00	\$108,460.00
Tubería PEAD de 30 cm de diámetro	ML	280.0	\$638.00	\$178,640.00
Tubería PEAD de 38 cm de diámetro	ML	131.0	\$812.00	\$106,372.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Obras de drenaje y subdrenaje	Tubería PEAD de 45 cm de diámetro	ML	162.0	\$986.00	\$159,732.00
	Pozo de visita de hasta 1.5 m de profundidad	Pza	17.0	\$9,860.00	\$167,620.00
	Construcción de registro pluvial de mampostería para colocación de coladera pluvial de piso y banqueteta.	Pza	25.0	\$14,500.00	\$362,500.00
	Plantilla de Arena	m ³	57.0	\$638.00	\$36,366.00
Pavimentos	Subbase compactada al 100% AASHTO, formada con material de banco.	m ³	1,254.5	\$580.00	\$727,581.00
	Base compactada al 100% AASHTO MOD, formada con material de banco	m ³	1,919.9	\$603.20	\$1,158,053.52
	Riego de Impregnación: emulsión asfáltica tipo ECI-60, en proporción de entre 1.4 a 1.6 Lt/m ²	m ²	14,936.0	\$29.00	\$433,144.00
	Arena para cubrir el riego de impregnación	m ³	74.7	\$638.00	\$47,645.84
	Carpeta asfáltica de granulometría densa, tamaño máximo de agregado de 3/4" a finos, compactada como mínimo al 95% de su PVM prueba Marshall	m ³	1,258.5	\$5,568.00	\$7,007,049.60
	Recuperación en caliente de carpetas asfálticas	m ³	311.4	\$440.80	\$137,265.12
Señalamiento	Raya continua sencilla	ml	196.0	\$17.40	\$3,410.40
	Raya discontinua	ml	2,147.0	\$17.40	\$37,357.80
	Raya guía en zona de transición	ml	260.0	\$17.40	\$4,524.00
	Rayas blanca canalizadora para separación de flujo en un solo sentido de circulación.	ml	356.0	\$17.40	\$6,194.40
	Rayas amarilla canalizadora para separación de flujo en dos sentidos de circulación.	ml	24.0	\$17.40	\$417.60
	Raya de alto	ml	46.0	\$74.24	\$3,415.04
	Raya de cruce peatonal	ml	15.0	\$48.72	\$730.80
	Raya de cruce peatonal	ml	64.5	\$48.72	\$3,142.44
	Rayas con espaciamiento logarítmico	ml	42.0	\$52.20	\$2,192.40
	Flechas, letras y números.	Pza	24.0	\$556.80	\$13,363.20
Para prohibición de estacionamiento	ml	4,209.0	\$13.92	\$58,589.28	

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color rojo en material plástico ABS sin perno con reflejante en ambas caras al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	71.0	\$98.60	\$7,000.60
Botones retrorreflejantes de 20 x 10 cm color blanco en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	25.0	\$98.60	\$2,465.00
Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color blanco en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	135.0	\$98.60	\$13,311.00
Botones retrorreflejantes de 10 x 10 cm color amarillo en material plástico ABS sin perno con reflejante de cara al tránsito de esferas de vidrio	Pza.	10.0	\$98.60	\$986.00
Señales preventivas de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	24.0	\$2,900.00	\$69,600.00
OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS. Tipo OD en lámina galvanizada o material termoplástico, con fondo blanco reflejante grado alta intensidad marca 3M, y símbolos en tinta serigrafía translúcida marca 3m. De 45 x 30 cm en acabado reflejante.	Pza	14.0	\$2,320.00	\$32,480.00
Señal restrictiva de "Alto" De 30 cm por cada lado	Pza	2.0	\$2,900.00	\$5,800.00
Señal restrictiva de "Seda el Paso" De 85 cm por cada lado	Pza.	2.0	\$3,306.00	\$6,612.00
Señal restrictiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	3.0	\$2,900.00	\$8,700.00
Señal restrictiva de señal de "Retorno" de 71 x 71 cm	Pza.	1.0	\$2,900.00	\$2,900.00
Señal informativa de destino de 40 x 178 cm	Pza.	7.0	\$5,800.00	\$40,600.00
Señal informativa de destino: Señalamiento bandera doble 122 x 366	Pza.	2.0	\$75,400.00	\$150,800.00
Señal informativa de destino: de 20 x 91 cm	Pza.	1.0	\$4,060.00	\$4,060.00
Señal informativa de destino: de 40 x 178 xm	Pza.	2.0	\$5,800.00	\$11,600.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Señalamiento para protección de obra	Señal restrictiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	4.0	\$2,900.00	\$11,600.00
	Señal restrictiva: Tablero adicional de 30 x 100 cm. leyenda: MÁXIMA	Pza.	4.0	\$5,220.00	\$20,880.00
	Señal preventiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	4.0	\$2,900.00	\$11,600.00
	Señal preventiva de 30 x 100, en acabado reflejante	Pza.	4.0	\$5,220.00	\$20,880.00
	Señal preventiva de 71 x 71 cm. en acabado reflejante.	Pza.	2.0	\$2,900.00	\$5,800.00
	Señal preventiva de 30 x 100, en acabado reflejante	Pza.	2.0	\$5,220.00	\$10,440.00
	Señales y dispositivos tipo DPI de 71 x 178 cm. en acabado reflejante.	Pza.	10.0	\$7,540.00	\$75,400.00
	Señales y dispositivos tipo DPI de 71 x 178 cm. en acabado reflejante.	Pza.	3.0	\$7,540.00	\$22,620.00
	Señales y dispositivos tipo DPI de 71 x 178 cm. en acabado reflejante.	Pza.	2.0	\$7,540.00	\$15,080.00
	Señales y dispositivos tipo SID de 40 x 178	Pza.	3.0	\$5,800.00	\$17,400.00
	Señales y dispositivos tipo SID de 40 x 178	Pza.	2.0	\$5,800.00	\$11,600.00
	Malla de construcción color naranja reflejante, de 45x90 cm, con orificios para delimitación de áreas en construcción colocación y removimiento de las mismas.	ml	995.0	\$92.80	\$92,336.00
	Barreras protectoras fijas huecas de PVC, rellenas de arena, de 75 cm de altura y base de 60 x 120 cm, con pintura retroreflejante naranja y elementos reflejantes en su parte superior de dimensiones 15x10cm	ml	845.0	\$1,450.00	\$1,225,250.00
	Trafitambo naranja con 2 franjas reflejantes color blanco de: 45X90 cm	Pza	8.0	\$7,540.00	\$60,320.00
Señal luminosa de uso nocturno	Pza	2.0	\$522.00	\$1,044.00	
Obras inducidas	Tala y desenraice de árboles de 0.20 m a 0.50m de diám.	pza.	5.0	\$5,220.00	\$26,100.00
	Retiro de semáforos	pza.	2.0	\$14,500.00	\$29,000.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

	Reubicación de caseta telefónica	pza.	1.0	\$5,800.00	\$5,800.00
	Reubicación de registro telefónico,	pza.	1.0	\$5,220.00	\$5,220.00
	Re nivelación de coladeras pluviales	pza	1.0	\$4,466.00	\$4,466.00
	Entubamiento de arroyo (tubería pead diam= 75 cm)	ml	105.0	\$1,392.00	\$146,160.00
	Re nivelación de registros de a. Pot	Pza	4.0	\$1,450.00	\$5,800.00
Alumbrado público	Excavación para cajas y tendido de tubos (zanjas, prof de 0.50 mts y ancho de 0.30mts)	m ³	240.0	\$232.00	\$55,680.00
	Construcción de base de concreto truncopiramidal de 0.60 mts. de base por 0.40 mts. de corona y 0.70 mts. de altura f'c=200kg/cm ² con 4 anclas de fierro de 0.50 mts. de longitud y 19 mm. de diámetro y colocación de 2 ductos con curva ascendente para entrada y salida de cable de alimentación. El ducto será tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 1/4" de diámetro, incluye excavación, relleno con material producto de excavación compactado al 90% proctor.	pza.	62.0	\$6,090.00	\$377,580.00
	Construcción de registro de concreto armado f'c=200 kg/cm ² con tapa de concreto armado de 0.60x0.40x0.60 mts	pza.	67.0	\$5,626.00	\$376,942.00
	Construcción de murete para acometida de energía eléctrica a base de muro de tabique rojo recocido	pza.	2.0	\$7,540.00	\$15,080.00
	Luminario para Alumbrado Público, Modelo AERIS, Tipo horizontal arquitectónico Cut Off, diseñado para operar una lámpara de 150 watts de Aditivos metálicos de Pulso.	pza.	82.0	\$5,220.00	\$428,040.00
	Suministro e instalación de poste metálico recto cuadrado TipoTollocan, de 7.0 mts. de altura, construido por 2 elementos de PTR Ced. 30 de 4"x4", con registro para conexiones, placa base con 4 perforaciones para recibir 4 anclas con tuercas	pza.	82.0	\$11,020.00	\$903,640.00
	Suministro e instalación de interruptor termo magnético de 2 polos, 40 amperes, con gabinete para intemperie	pza.	1.0	\$928.00	\$928.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

Suministro e instalación de interruptor termo magnético de 2 polos, 70 amperes, con gabinete para intemperie.	pza.	1.0	\$2,320.00	\$2,320.00
Suministro e instalación de combinación para alumbrado público contactor- interruptor de 2 polos, 40 amperes, 220 volts, en gabinete para intemperie NEMA 3R	pza.	3.0	\$1,740.00	\$5,220.00
Suministro e instalación de cable de cobre unipolar vinanel, con aislamiento Tipo THW-LS/THHW-LS clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 12	m	1,600.0	\$40.60	\$64,960.00
Suministro e instalación de cable de aluminio, monopolar, subterráneo, Tipo URD, aislamiento XLPE, clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 2 Marca IUSA.	m	700.0	\$92.80	\$64,960.00
Suministro e instalación de cable de aluminio, monopolar, subterráneo, Tipo URD, aislamiento XLPE, clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 4 Marca IUSA.	m	1,800.0	\$81.20	\$146,160.00
Suministro e instalación de cable de aluminio, monopolar, subterráneo, Tipo URD, aislamiento XLPE, clase 90 grados, resistente al calor y a la humedad, baja emisión de humos, Cal. No. 6 Marca IUSA.	m	2,000.0	\$69.60	\$139,200.00
Suministro e instalación de cable de cobre semiduro clase B, sin forro, Cal. No. 10	m	2,200.0	\$40.60	\$89,320.00
Suministro e instalación de tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 1/2" de diámetro.	m	400.0	\$110.20	\$44,080.00
Suministro e instalación de tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 1/4" de diámetro.	m	1,000.0	\$87.00	\$87,000.00
Suministro e instalación de tubo conduit de plástico tipo poliducto reforzado de 1 " de diámetro.	m	1,000.0	\$58.00	\$58,000.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Suministro e instalación de varilla copperweld de 3.0 mts de longitud y 5/8" de diámetro con conector mecánico. Incluye tubo de albañal de 300 mm de diámetro y 500 mm de longitud, tapa con jaladera, 11 Kg de compuesto químico GEM, excavación y limpieza.	pza.	3.0	\$522.00	\$1,566.00
Habilitado y colocado de 4 anclas de fierro de 0.50 mts de longitud y 19 mm de diámetro en elemento armado sobre puente, incluye caja cuadrada galvanizada de 2" con tapa y poliducto de 1" para interconectar con registro de conexión de mano del poste	pza.	20.0	\$754.00	\$15,080.00
Anuncio espectacular metálico informativos de obra de 3.0 x 5.0 m	pza.	1.0	\$40,516.77	\$40,516.77
TOTAL:				\$86,312,000.00

Fuente: Elaborado con el Proyecto Ejecutivo

- **Costos por molestia**

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

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

Los costos por molestias son resultado del incremento temporal del CGV provocado por la congestión existente durante la construcción del proyecto. Por ello se contempla que la velocidad disminuye durante la ejecución del proyecto, ya que el paso de los vehículos se verá afectado al reducir la sección para su circulación a causa de los trabajos a ejecutar.

De acuerdo a la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras los costos por molestia se calculan de la siguiente manera: ¹¹

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

Dónde:

CGV_c es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

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

¹¹ Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 50 Costos por molestia

Baja Congestión

Situación Actual			
Velocidad promedio (km/h)			
Año	A	B	C
0 2021	74	70	68

Situación Actual			
COV (\$/km)			
Año	A	B	C
0 2021	\$ 5.91	\$ 17.06	\$ 11.48

Durante la Construcción			
Velocidad promedio (km/h)			
Año	A	B	C
0 2021	63	60	58

Durante la Construcción			
COV (\$/km)			
Año	A	B	C
0 2021	\$ 6.79	\$ 19.62	\$ 13.20

CGV Actual			
Año	A	B	C
0 2021	\$2,571,360.35	\$108,470.93	\$696,822.25
Total	\$3,376,653.52		

CGV Durante la Construcción			
Año	A	B	C
0 2021	\$2,971,591.95	\$125,777.15	\$805,846.45
	\$3,903,215.55		

CGV Total Anual			
A	B	C	Total
-\$400,231.61	-\$17,306.23	-\$109,024.20	-\$526,562.04

Media Congestión

Situación Actual			
Velocidad promedio (km/h)			
Año	A	B	C
0 2021	63	60	43

Situación Actual			
COV (\$/km)			
Año	A	B	C
0 2021	\$ 6.07	\$ 17.20	\$ 12.10

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Durante la Construcción			
Velocidad promedio (km/h)			
Año	A	B	C
0 2021	54	51	37

Durante la Construcción			
COV (\$/km)			
Año	A	B	C
0 2021	\$ 6.98	\$ 19.77	\$ 13.92

CGV Actual			
Año	A	B	C
0 2021	\$16,182,752.72	\$521,464.18	\$2,604,981.07
Total	\$19,309,197.96		

CGV Durante la Construcción			
Año	A	B	C
0 2021	\$18,687,778.35	\$608,088.55	\$3,007,983.14
	\$22,303,850.03		

CGV Total Anual			
A	B	C	Total
-\$2,505,025.63	-\$86,624.37	-\$403,002.07	-\$2,994,652.07

Alta Congestión

Situación Actual			
Velocidad promedio (km/h)			
Año	A	B	C
0 2021	45	42	40

Situación Actual			
COV (\$/km)			
Año	A	B	C
0 2021	\$ 6.65	\$ 17.98	\$ 12.29

Durante la Construcción			
Velocidad promedio (km/h)			
Año	A	B	C
0 2021	38	36	34

Durante la Construcción			
COV (\$/km)			
Año	A	B	C
0 2021	\$ 7.65	\$ 20.68	\$ 14.13

CGV Actual			
Año	A	B	C
0 2021	\$53,669,493.57	\$1,629,496.71	\$9,672,010.34
Total	\$64,971,000.62		

CGV Durante la Construcción			
Año	A	B	C
0 2021	\$62,310,760.24	\$1,892,534.86	\$11,219,940.45
	\$75,423,235.55		

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

CGV Total Anual			
A	B	C	Total
-\$8,641,266.67	-\$263,038.15	-\$1,547,930.11	-\$10,452,234.93

COSTOS POR MOLESTIA TOTALES

CGV Total Anual			
A	B	C	Total
-	-	-	-
\$11,546,523.91	-\$366,968.75	\$2,059,956.38	-\$13,973,449.04

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

Etapa de operación

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

A continuación, se describen los trabajos correspondientes al mantenimiento.

- **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, y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía así como de la estructura del puente superior vehicular.¹²

*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.

*Limpieza de las juntas de dilatación: Conjunto de actividades que se realizan para retirar suelos, vegetación, basura y todo material que se acumule en las juntas de dilatación de puentes, con el propósito de evitar que generen esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras.

*Limpieza de parapetos, banquetas y camellones: actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos.

*Limpieza de estribos, columnas y pilas: Retiro de vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en dichos elementos. La limpieza de las pilas y estribos incluye la limpieza del cuerpo de estos elementos, las coronas y los dispositivos de apoyo.

*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.

¹² GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

- **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.

*Calefateo de fisuras: Sellado de fisuras de hasta 3 mm de anchura, que se presenten en los elementos estructurales de concreto reforzado, mediante mortero con cemento portland o productos especiales de sellado, con el propósito de prevenir el contacto del agua con el acero de refuerzo evitando así su degradación o deterioro.

*Reparación de grietas: Reparación de grietas mayores a 3 mm de anchura que presenten los elementos estructurales de concreto reforzado con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños.

*Riego de un sello: Aplicación de un riego con el objeto de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.

*Reparación de parapetos y banquetas: Reponer parcialmente un parapeto o una banqueta que presente deterioro o daño provocado por impactos o corrosión de los elementos metálicos, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

*Reposición del sello en juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

- **Rehabilitación (Cada 10 años):**

*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: 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.

*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.

*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.

*Riego de un sello: Aplicación de un riego con el objeto de hacer resistente al derrapamiento y proteger contra el desgaste la superficie de rodamiento.

*Reposición del sello de las juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

*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.

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

- **Reconstrucción (Cada 20 años):**

*Recorte de pavimentos: Retiro de la carpeta, base y subbase por medios mecánicos a fin de sustituirlas por otras nuevas.

*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.

*Base hidráulica: Capa de apoyo para una carpeta asfáltica a base de materiales granulares.

*Reposición del sello de las juntas de dilatación: Actividades necesarias para reponer, parcial o totalmente el sello en las juntas de dilatación de puentes con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichas juntas, a la vez permite el movimiento libre de las mismas debido a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro.

*Reposición de las juntas de dilatación: Restitución de las juntas de dilatación originales.

*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.

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

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

Tabla 51 Mantenimiento de alternativa A

COSTOS DE MANTENIMIENTO		
Carpeta asfáltica		
DATOS		
LONGITUD =	362.00	M
ANCHO =	7.00	M
ÁREA =	2534	M ²

CARPETA ASFÁLTICA

CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)			
CONCEPTOS	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de la superficie de rodadura	Ha	\$ 18,500.00	\$ 4,687.90
Bacheo superficial aislado	m3	\$ 4,450.00	\$ 11,276.30
Limpieza de las juntas de dilatación	m	\$ 60.00	\$ 9,180.00
Limpieza de parapetos, banquetas y camellones	m2	\$ 20,000.00	\$ 2,896.00
Limpieza de estribos, columnas y pilas	pza	\$ 2,700.00	\$ 43,200.00
Reposición de señalamiento horizontal	m	\$ 15.00	\$ 16,290.00
Reposicion parcial de botones	pza	\$ 85.00	\$ 3,072.75
TOTAL S/ IVA=			\$90,600.00

CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)			
CONCEPTOS	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Calefateo de fisuras	Ha	\$ 3,650.00	\$ 69,642.00
Reparación de grietas	m3	\$ 3,650.00	\$ 99,462.50
Riego de un sello	m2	\$ 68.00	\$ 172,312.00
Reposición del sello en juntas de dilatación	m3	\$ 4,500.00	\$ 688,500.00
Reparación de parapetos y banquetas	m3	\$ 3,700.00	\$ 24,531.00
Reposición de señalamiento horizontal	m	\$ 15.00	\$ 16,290.00
Reposicion parcial de botones	pza	\$ 85.00	\$ 4,097.00
TOTAL S/ IVA=			\$ 1,074,800.00

REHABILITACIÓN (10 AÑOS)			
CONCEPTOS	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de la superficie de rodadura	Ha	\$ 18,500.00	\$ 4,687.90
Fresado de la carpeta	m2	\$ 51.00	\$ 129,234.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Sobrecarpeta asfáltica de 5 cm de espesor	m3	\$ 4,400.00	\$ 557,480.00
Riego de sello	m2	\$ 68.00	\$ 172,312.00
Reposición del sello en juntas de dilatación	m	\$ 4,500.00	\$ 688,500.00
Reposición de señalamiento horizontal	m	\$ 15.00	\$ 16,290.00
Reposicion parcial de botones	pza	\$ 85.00	\$ 4,097.00
Reposicion parcial del señalamiento vertical	pza	\$ 2,500.00	\$ 21,750.00
TOTAL S/ IVA=			\$1,594,400.00

RECONSTRUCCIÓN (20 AÑOS)			
CONCEPTOS	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Recorte de pavimentos	m2	\$ 32.00	\$ 81,088.00
Recompactación de 20 cm	m3	\$ 50.00	\$ 25,340.00
Reposicion de la carpeta asfáltica	m3	\$ 4,400.00	\$ 557,480.00
Base hidraulica	m3	\$ 520.00	\$ 263,536.00
Reposición de las juntas de dilatación	m	\$ 11,500.00	\$ 1,759,500.00
Reposición de señalamiento horizontal	m	\$ 15.00	\$ 16,290.00
Reposicion total de botones	pza	\$ 85.00	\$ 20,485.00
Reposicion total de señales verticales	pza	\$ 2,500.00	\$ 37,500.00
TOTAL S/ IVA=			\$2,761,200.00

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 52 Mantenimiento y conservación considerados para la situación con proyecto

Alternativa A					
Mantenimiento Proyecto					
Vida útil (Años)	Concreto Asfáltico				TOTAL
50	Rutinaria	Periódica	Rehabilitación	Reconstrucción	
AÑO	Anual	3 años	10 años	20 años	
0					
0					
1	\$90,600.00				\$90,600.00
2	\$90,600.00				\$90,600.00
3		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
4	\$90,600.00				\$90,600.00
5	\$90,600.00				\$90,600.00
6		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
7	\$90,600.00				\$90,600.00
8	\$90,600.00				\$90,600.00
9		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
10			\$1,594,400.00		\$1,594,400.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC
México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

11	\$90,600.00				\$90,600.00
12		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
13	\$90,600.00				\$90,600.00
14	\$90,600.00				\$90,600.00
15		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
16	\$90,600.00				\$90,600.00
17	\$90,600.00				\$90,600.00
18		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
19	\$90,600.00				\$90,600.00
20				\$2,761,200.00	\$2,761,200.00
21		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
22	\$90,600.00				\$90,600.00
23	\$90,600.00				\$90,600.00
24		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
25	\$90,600.00				\$90,600.00
26	\$90,600.00				\$90,600.00
27		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
28	\$90,600.00				\$90,600.00
29	\$90,600.00				\$90,600.00
30			\$1,594,400.00		\$1,594,400.00
31	\$90,600.00				\$90,600.00
32	\$90,600.00				\$90,600.00
33		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
34	\$90,600.00				\$90,600.00
35	\$90,600.00				\$90,600.00
36		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
37	\$90,600.00				\$90,600.00
38	\$90,600.00				\$90,600.00
39		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
40				\$2,761,200.00	\$2,761,200.00
41	\$90,600.00				\$90,600.00
42		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
43	\$90,600.00				\$90,600.00
44	\$90,600.00				\$90,600.00
45		\$1,074,800.00			\$1,074,800.00
46	\$90,600.00				\$90,600.00
47	\$90,600.00				\$90,600.00

c) Identificación, Cuantificación y Valoración de los Beneficios del Proyecto de Inversión

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

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

- El Horizonte de evaluación, que es de 50 años una vez terminado el proyecto.
- La Tasa social de descuento es del 10% utilizada por la Unidad de Inversiones de la SHCP.

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

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

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 53 Beneficios del proyecto

Año		Costos Generalizados de Viaje								
		Situación Sin Proyecto			Situación Con Proyecto			Beneficios		
		COV	Tiempo	CGV	COV	Tiempo	CGV	COV	Tiempo	CGV
0	2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2023	\$63,016,272.74	\$30,486,121.94	\$93,502,394.69	\$59,286,260.56	\$20,338,782.22	\$79,625,042.78	\$3,730,012.18	\$10,147,339.72	\$13,877,351.90
2	2024	\$65,780,852.71	\$31,838,567.71	\$97,619,420.42	\$61,887,201.58	\$21,241,064.90	\$83,128,266.48	\$3,893,651.14	\$10,597,502.80	\$14,491,153.94
3	2025	\$68,666,717.27	\$33,251,011.58	\$101,917,728.85	\$64,602,248.19	\$22,183,375.26	\$86,785,623.44	\$4,064,469.08	\$11,067,636.32	\$15,132,105.40
4	2026	\$71,679,187.27	\$34,726,115.23	\$106,405,302.50	\$67,436,406.31	\$23,167,489.01	\$90,603,895.32	\$4,242,780.95	\$11,558,626.22	\$15,801,407.17
5	2027	\$74,823,817.01	\$36,266,658.42	\$111,090,475.43	\$70,394,901.48	\$24,195,260.68	\$94,590,162.16	\$4,428,915.53	\$12,071,397.74	\$16,500,313.27
6	2028	\$78,106,404.45	\$37,875,544.22	\$115,981,948.67	\$73,483,188.46	\$25,268,627.04	\$98,751,815.50	\$4,623,216.00	\$12,606,917.17	\$17,230,133.17
7	2029	\$81,533,001.93	\$39,555,804.48	\$121,088,806.41	\$76,706,961.33	\$26,389,610.80	\$103,096,572.14	\$4,826,040.60	\$13,166,193.68	\$17,992,234.28
8	2030	\$85,109,927.29	\$41,310,605.58	\$126,420,532.87	\$80,072,164.00	\$27,560,324.40	\$107,632,488.39	\$5,037,763.29	\$13,750,281.18	\$18,788,044.48
9	2031	\$88,843,775.55	\$43,143,254.34	\$131,987,029.89	\$83,585,001.09	\$28,782,973.97	\$112,367,975.07	\$5,258,774.45	\$14,360,280.37	\$19,619,054.82
10	2032	\$92,741,431.05	\$45,057,204.29	\$137,798,635.35	\$87,251,949.48	\$30,059,863.55	\$117,311,813.03	\$5,489,481.57	\$14,997,340.75	\$20,486,822.32
11	2033	\$96,810,080.17	\$47,056,062.18	\$143,866,142.35	\$91,079,770.16	\$31,393,399.35	\$122,473,169.51	\$5,730,310.01	\$15,662,662.83	\$21,392,972.84
12	2034	\$101,057,224.55	\$49,143,594.73	\$150,200,819.28	\$95,075,520.74	\$32,786,094.36	\$127,861,615.10	\$5,981,703.81	\$16,357,500.37	\$22,339,204.18
13	2035	\$105,490,694.93	\$51,323,735.80	\$156,814,430.74	\$99,246,568.45	\$34,240,573.05	\$133,487,141.50	\$6,244,126.48	\$17,083,162.76	\$23,327,289.24
14	2036	\$110,118,665.61	\$53,600,593.76	\$163,719,259.36	\$103,600,603.74	\$35,759,576.29	\$139,360,180.03	\$6,518,061.87	\$17,841,017.47	\$24,359,079.33
15	2037	\$114,949,669.47	\$55,978,459.20	\$170,928,128.68	\$108,145,654.43	\$37,345,966.57	\$145,491,621.00	\$6,804,015.04	\$18,632,492.64	\$25,436,507.68
16	2038	\$119,992,613.78	\$58,461,813.11	\$178,454,426.89	\$112,890,100.54	\$39,002,733.36	\$151,892,833.90	\$7,102,513.24	\$19,459,079.76	\$26,561,592.99
17	2039	\$125,256,796.54	\$61,055,335.23	\$186,312,131.77	\$117,842,689.72	\$40,732,998.74	\$158,575,688.46	\$7,414,106.81	\$20,322,336.49	\$27,736,443.30
18	2040	\$130,751,923.68	\$63,763,912.92	\$194,515,836.60	\$123,012,553.40	\$42,540,023.32	\$165,552,576.72	\$7,739,370.28	\$21,223,889.60	\$28,963,259.88
19	2041	\$136,488,126.94	\$66,592,650.34	\$203,080,777.28	\$128,409,223.60	\$44,427,212.34	\$172,836,435.93	\$8,078,903.34	\$22,165,438.01	\$30,244,341.35
20	2042	\$142,475,982.54	\$69,546,878.11	\$212,022,860.65	\$134,042,650.52	\$46,398,122.09	\$180,440,772.61	\$8,433,332.02	\$23,148,756.02	\$31,582,088.04
21	2043	\$148,726,530.70	\$72,632,163.31	\$221,358,694.01	\$139,923,220.90	\$48,456,466.67	\$188,379,687.57	\$8,803,309.80	\$24,175,696.64	\$32,979,006.44
22	2044	\$155,251,295.97	\$75,854,319.99	\$231,105,615.96	\$146,061,777.13	\$50,606,124.91	\$196,667,902.04	\$9,189,518.84	\$25,248,195.09	\$34,437,713.93
23	2045	\$162,062,308.50	\$79,219,420.16	\$241,281,728.65	\$152,469,637.29	\$52,851,147.72	\$205,320,785.01	\$9,592,671.21	\$26,368,272.43	\$35,960,943.64
24	2046	\$169,172,126.21	\$82,733,805.15	\$251,905,931.35	\$159,158,615.97	\$55,195,765.74	\$214,354,381.72	\$10,013,510.23	\$27,538,039.40	\$37,551,549.63
25	2047	\$176,593,857.95	\$86,404,097.64	\$262,997,955.58	\$166,141,046.11	\$57,644,397.28	\$223,785,443.39	\$10,452,811.84	\$28,759,700.35	\$39,212,512.19
26	2048	\$184,341,187.66	\$90,237,214.10	\$274,578,401.76	\$173,429,801.67	\$60,201,656.65	\$233,631,458.32	\$10,911,386.00	\$30,035,557.45	\$40,946,943.44
27	2049	\$192,428,399.63	\$94,240,377.85	\$286,668,777.47	\$181,038,321.42	\$62,872,362.88	\$243,910,684.29	\$11,390,078.21	\$31,368,014.97	\$42,758,093.18

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

28	2050	\$200,870,404.78	\$98,421,132.62	\$299,291,537.40	\$188,980,633.70	\$65,661,548.76	\$254,642,182.46	\$11,889,771.08	\$32,759,583.86	\$44,649,354.94
29	2051	\$209,682,768.21	\$102,787,356.84	\$312,470,125.06	\$197,271,382.30	\$68,574,470.37	\$265,845,852.67	\$12,411,385.92	\$34,212,886.47	\$46,624,272.39
30	2052	\$218,881,737.87	\$107,347,278.43	\$326,229,016.30	\$205,925,853.41	\$71,616,616.97	\$277,542,470.38	\$12,955,884.46	\$35,730,661.46	\$48,686,545.92
31	2053	\$228,484,274.52	\$112,109,490.31	\$340,593,764.83	\$214,960,003.87	\$74,793,721.31	\$289,753,725.18	\$13,524,270.65	\$37,315,769.00	\$50,840,039.65
32	2054	\$238,508,082.99	\$117,082,966.63	\$355,591,049.62	\$224,390,490.56	\$78,111,770.48	\$302,502,261.04	\$14,117,592.44	\$38,971,196.15	\$53,088,788.58
33	2055	\$248,971,644.87	\$122,277,079.63	\$371,248,724.50	\$234,234,701.09	\$81,577,017.17	\$315,811,718.26	\$14,736,943.78	\$40,700,062.46	\$55,437,006.24
34	2056	\$259,894,252.51	\$127,701,617.35	\$387,595,869.87	\$244,510,785.89	\$85,195,991.46	\$329,706,777.35	\$15,383,466.62	\$42,505,625.89	\$57,889,092.51
35	2057	\$271,296,044.67	\$133,366,802.06	\$404,662,846.73	\$255,237,691.68	\$88,975,513.11	\$344,213,204.79	\$16,058,352.99	\$44,391,288.95	\$60,449,641.94
36	2058	\$283,198,043.61	\$139,283,309.48	\$422,481,353.08	\$266,435,196.38	\$92,922,704.43	\$359,357,900.81	\$16,762,847.23	\$46,360,605.05	\$63,123,452.28
37	2059	\$295,622,193.83	\$145,462,288.96	\$441,084,482.79	\$278,123,945.57	\$97,045,003.70	\$375,168,949.27	\$17,498,248.26	\$48,417,285.27	\$65,915,533.52
38	2060	\$308,591,402.57	\$151,915,384.48	\$460,506,787.05	\$290,325,490.59	\$101,350,179.16	\$391,675,669.76	\$18,265,911.98	\$50,565,205.31	\$68,831,117.29
39	2061	\$322,129,582.05	\$158,654,756.54	\$480,784,338.59	\$303,062,328.26	\$105,846,343.71	\$408,908,671.97	\$19,067,253.80	\$52,808,412.82	\$71,875,666.62
40	2062	\$336,261,693.51	\$165,693,105.13	\$501,954,798.65	\$316,357,942.32	\$110,541,970.12	\$426,899,912.44	\$19,903,751.19	\$55,151,135.01	\$75,054,886.20
41	2063	\$351,013,793.28	\$173,043,693.67	\$524,057,486.95	\$330,236,846.81	\$115,445,907.06	\$445,682,753.87	\$20,776,946.47	\$57,597,786.61	\$78,374,733.08
42	2064	\$366,413,080.79	\$180,720,373.94	\$547,133,454.73	\$344,724,631.19	\$120,567,395.73	\$465,292,026.92	\$21,688,449.60	\$60,152,978.21	\$81,841,427.81
43	2065	\$382,487,948.75	\$188,737,612.24	\$571,225,560.99	\$359,848,007.57	\$125,916,087.31	\$485,764,094.87	\$22,639,941.19	\$62,821,524.93	\$85,461,466.12
44	2066	\$399,268,035.48	\$197,110,516.63	\$596,378,552.11	\$375,634,859.92	\$131,502,061.13	\$507,136,921.05	\$23,633,175.56	\$65,608,455.50	\$89,241,631.06
45	2067	\$416,784,279.55	\$205,854,865.42	\$622,639,144.97	\$392,114,295.54	\$137,335,843.66	\$529,450,139.21	\$24,669,984.00	\$68,519,021.76	\$93,189,005.76
46	2068	\$435,068,976.83	\$214,987,136.87	\$650,056,113.70	\$409,316,698.67	\$143,428,428.37	\$552,745,127.04	\$25,752,278.16	\$71,558,708.51	\$97,310,986.66
47	2069	\$454,155,840.05	\$224,524,540.27	\$678,680,380.32	\$427,273,786.53	\$149,791,296.39	\$577,065,082.93	\$26,882,053.52	\$74,733,243.87	\$101,615,297.39
48	2070	\$474,080,060.95	\$234,485,048.34	\$708,565,109.29	\$446,018,667.82	\$156,436,438.24	\$602,455,106.06	\$28,061,393.13	\$78,048,610.10	\$106,110,003.24
49	2071	\$494,878,375.16	\$244,887,431.14	\$739,765,806.30	\$465,585,903.73	\$163,376,376.31	\$628,962,280.04	\$29,292,471.42	\$81,511,054.83	\$110,803,526.26
50	2072	\$516,589,129.92	\$255,751,291.42	\$772,340,421.34	\$486,011,571.70	\$170,624,188.57	\$656,635,760.27	\$30,577,558.22	\$85,127,102.85	\$115,704,661.07

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

d) Cálculo de Indicadores de Rentabilidad

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

Indicadores económicos:

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

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

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

- **Valor Presente Neto (VPN)**

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

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

Dónde:

B_t: son los beneficios totales en el año t

C_t: son los costos totales en el año t

B_t-C_t: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

r: es la tasa social de descuento

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

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

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

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

B_t: son los beneficios totales en el año t

C_t: son los costos totales en el año t

B_t-C_t: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

TIR: Tasa Interna de Retorno

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

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

- **Tasa Rendimiento Inmediata**

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

La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Dónde:

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

Ct+1: es el costo total en el año t+1

It: monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t: año anterior al primer año de operación

t+1: primer año de operación

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

A continuación se muestran los indicadores de rentabilidad que corresponden al proyecto "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Ilustración 17 Indicadores de Rentabilidad

Indicadores		
Indicador	Valor	Observación
VPN Valor Presente Neto	\$137,094,725.71	>\$0.00; Proyecto rentable
TIR Tasa Interna de Retorno	18.43%	> 10%; Proyecto rentable
TRI Tasa de Rentabilidad Inmediata	15.60%	> 10%; Proyecto rentable

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

En la siguiente tabla se observa el análisis de evaluación del presente proyecto. Como se ha mencionado a lo largo del estudio, se tomaron en cuenta dos años de inversión, ya que la ejecución del proyecto es de 12 meses.

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

Tabla 54 Análisis de Evaluación del proyecto

Indicadores de Rentabilidad										
TD	10%	Inversión S/IVA	Mantenimiento	Molestias por Construcción	Total costos	COV	Tiempo	Total Beneficios	Flujos Nominales	VPN
0	2021	\$37,203,448.28	-	\$6,986,724.52	\$ 44,190,172.79				-\$ 44,190,172.79	-\$44,190,172.79
0	2022	\$37,203,448.28	-	\$6,986,724.52	\$ 44,190,172.79				-\$ 44,190,172.79	-\$44,190,172.79
1	2023		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$3,730,012.18	\$10,147,339.72	\$13,877,351.90	\$ 13,786,751.90	\$12,533,410.82
2	2024		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$3,893,651.14	\$10,597,502.80	\$14,491,153.94	\$ 14,400,553.94	\$11,901,284.25
3	2025		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$4,064,469.08	\$11,067,636.32	\$15,132,105.40	\$ 14,057,305.40	\$10,561,461.61
4	2026		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$4,242,780.95	\$11,558,626.22	\$15,801,407.17	\$ 15,710,807.17	\$10,730,692.70
5	2027		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$4,428,915.53	\$12,071,397.74	\$16,500,313.27	\$ 16,409,713.27	\$10,189,140.88
6	2028		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$4,623,216.00	\$12,606,917.17	\$17,230,133.17	\$ 16,155,333.17	\$9,119,264.41
7	2029		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$4,826,040.60	\$13,166,193.68	\$17,992,234.28	\$ 17,901,634.28	\$9,186,368.96
8	2030		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$5,037,763.29	\$13,750,281.18	\$18,788,044.48	\$ 18,697,444.48	\$8,722,495.84
9	2031		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$5,258,774.45	\$14,360,280.37	\$19,619,054.82	\$ 18,544,254.82	\$7,864,574.30
10	2032		\$1,594,400.00		\$ 1,594,400.00	\$5,489,481.57	\$14,997,340.75	\$20,486,822.32	\$ 18,892,422.32	\$7,283,846.65
11	2033		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$5,730,310.01	\$15,662,662.83	\$21,392,972.84	\$ 21,302,372.84	\$7,466,351.72
12	2034		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$5,981,703.81	\$16,357,500.37	\$22,339,204.18	\$ 21,264,404.18	\$6,775,494.49
13	2035		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$6,244,126.48	\$17,083,162.76	\$23,327,289.24	\$ 23,236,689.24	\$6,730,841.18
14	2036		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$6,518,061.87	\$17,841,017.47	\$24,359,079.33	\$ 24,268,479.33	\$6,390,649.10
15	2037		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$6,804,015.04	\$18,632,492.64	\$25,436,507.68	\$ 24,361,707.68	\$5,831,999.13
16	2038		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$7,102,513.24	\$19,459,079.76	\$26,561,592.99	\$ 26,470,992.99	\$5,760,859.33
17	2039		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$7,414,106.81	\$20,322,336.49	\$27,736,443.30	\$ 27,645,843.30	\$5,469,582.72
18	2040		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$7,739,370.28	\$21,223,889.60	\$28,963,259.88	\$ 27,888,459.88	\$5,015,984.65
19	2041		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$8,078,903.34	\$22,165,438.01	\$30,244,341.35	\$ 30,153,741.35	\$4,930,377.66
20	2042		\$2,761,200.00		\$ 2,761,200.00	\$8,433,332.02	\$23,148,756.02	\$31,582,088.04	\$ 28,820,888.04	\$4,284,041.36
21	2043		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$8,803,309.80	\$24,175,696.64	\$32,979,006.44	\$ 31,904,206.44	\$4,311,233.63
22	2044		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$9,189,518.84	\$25,248,195.09	\$34,437,713.93	\$ 34,347,113.93	\$4,219,404.65
23	2045		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$9,592,671.21	\$26,368,272.43	\$35,960,943.64	\$ 35,870,343.64	\$4,005,933.90
24	2046		\$1,074,800.00		\$ 1,074,800.00	\$10,013,510.23	\$27,538,039.40	\$37,551,549.63	\$ 36,476,749.63	\$3,703,323.82
25	2047		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$10,452,811.84	\$28,759,700.35	\$39,212,512.19	\$ 39,121,912.19	\$3,610,795.94
26	2048		\$90,600.00		\$ 90,600.00	\$10,911,386.00	\$30,035,557.45	\$40,946,943.44	\$ 40,856,343.44	\$3,428,070.00

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

27	2049	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$11,390,078.21	\$31,368,014.97	\$42,758,093.18	\$ 41,683,293.18	\$3,179,505.08
28	2050	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$11,889,771.08	\$32,759,583.86	\$44,649,354.94	\$ 44,558,754.94	\$3,089,853.32
29	2051	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$12,411,385.92	\$34,212,886.47	\$46,624,272.39	\$ 46,533,672.39	\$2,933,455.19
30	2052	\$1,594,400.00	\$ 1,594,400.00	\$12,955,884.46	\$35,730,661.46	\$48,686,545.92	\$ 47,092,145.92	\$2,698,782.75
31	2053	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$13,524,270.65	\$37,315,769.00	\$50,840,039.65	\$ 50,749,439.65	\$2,643,979.06
32	2054	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$14,117,592.44	\$38,971,196.15	\$53,088,788.58	\$ 52,998,188.58	\$2,510,123.57
33	2055	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$14,736,943.78	\$40,700,062.46	\$55,437,006.24	\$ 54,362,206.24	\$2,340,660.70
34	2056	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$15,383,466.62	\$42,505,625.89	\$57,889,092.51	\$ 57,798,492.51	\$2,262,378.25
35	2057	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$16,058,352.99	\$44,391,288.95	\$60,449,641.94	\$ 60,359,041.94	\$2,147,822.35
36	2058	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$16,762,847.23	\$46,360,605.05	\$63,123,452.28	\$ 62,048,652.28	\$2,007,223.29
37	2059	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$17,498,248.26	\$48,417,285.27	\$65,915,533.52	\$ 65,824,933.52	\$1,935,802.64
38	2060	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$18,265,911.98	\$50,565,205.31	\$68,831,117.29	\$ 68,740,517.29	\$1,837,768.32
39	2061	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$19,067,253.80	\$52,808,412.82	\$71,875,666.62	\$ 70,800,866.62	\$1,720,774.07
40	2062	\$2,761,200.00	\$ 2,761,200.00	\$19,903,751.19	\$55,151,135.01	\$75,054,886.20	\$ 72,293,686.20	\$1,597,323.80
41	2063	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$20,776,946.47	\$57,597,786.61	\$78,374,733.08	\$ 78,284,133.08	\$1,572,438.45
42	2064	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$21,688,449.60	\$60,152,978.21	\$81,841,427.81	\$ 80,766,627.81	\$1,474,820.53
43	2065	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$22,639,941.19	\$62,821,524.93	\$85,461,466.12	\$ 85,370,866.12	\$1,417,177.43
44	2066	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$23,633,175.56	\$65,608,455.50	\$89,241,631.06	\$ 89,151,031.06	\$1,345,390.09
45	2067	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$24,669,984.00	\$68,519,021.76	\$93,189,005.76	\$ 92,114,205.76	\$1,263,734.32
46	2068	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$25,752,278.16	\$71,558,708.51	\$97,310,986.66	\$ 97,220,386.66	\$1,212,533.72
47	2069	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$26,882,053.52	\$74,733,243.87	\$101,615,297.39	\$ 101,524,697.39	\$1,151,106.49
48	2070	\$1,074,800.00	\$ 1,074,800.00	\$28,061,393.13	\$78,048,610.10	\$106,110,003.24	\$ 105,035,203.24	\$1,082,644.80
49	2071	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$29,292,471.42	\$81,511,054.83	\$110,803,526.26	\$ 110,712,926.26	\$1,037,425.11
50	2072	\$90,600.00	\$ 90,600.00	\$30,577,558.22	\$85,127,102.85	\$115,704,661.07	\$ 115,614,061.07	\$984,864.31

Valor Presente Neto VPN	\$137,094,725.71
Tasa Interna de Retorno TIR	18.43%
Tasa de Rendimiento Inmediata TRI	15.60%
B/C	2.55

e) Análisis de sensibilidad

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

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

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

Demanda del proyecto.- La demanda es una variable que debe de ser considerada en un análisis de sensibilidad de un proyecto. Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda 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 55 Análisis de Sensibilidad

Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI	B/C
Inversión	40%	\$ 151,976,105.02	21.09%	18.76%	3.07
	50%	\$ 137,094,725.71	18.43%	15.60%	2.55
	60%	\$ 122,213,346.40	16.49%	13.35%	2.18
	70%	\$ 107,331,967.09	15.01%	11.67%	1.91
	80%	\$ 92,450,587.78	13.83%	10.36%	1.69
	90%	\$ 77,569,208.47	12.86%	9.32%	1.52
	100%	\$ 137,094,725.71	18.43%	15.60%	2.55
	110%	\$ 47,806,449.85	11.36%	7.76%	1.27
	120%	\$ 32,925,070.54	10.76%	7.16%	32.27
	142%	\$ -	9.68%	6.11%	32.27
	518%	-\$ 558,621,399.41	3.64%	1.76%	32.27
	600%	-\$ 681,381,136.34	3.10%	1.52%	32.27
650%	-\$ 755,788,032.89	2.82%	1.41%	32.27	
Mantenimiento	40%	\$ 140,038,673.53	18.63%	15.66%	2.58
	50%	\$ 139,548,015.56	18.59%	15.65%	2.58

Proyecto

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

	56%	\$ 139,247,665.77	18.57%	15.64%	2.58	Proyecto
	70%	\$ 138,566,699.62	18.53%	15.63%	2.57	
	80%	\$ 138,076,041.65	18.50%	15.62%	2.56	
	90%	\$ 137,585,383.68	18.46%	15.61%	2.56	
	100%	\$ 137,094,725.71	18.43%	15.60%	2.55	
	110%	\$ 136,604,067.74	18.40%	15.59%	2.55	
	120%	\$ 136,113,409.77	18.37%	15.58%	2.54	
	130%	\$ 135,622,751.80	18.33%	15.57%	2.53	
	140%	\$ 135,132,093.83	18.30%	15.56%	2.53	
	150%	\$ 134,641,435.86	18.27%	15.55%	2.52	
	2894%	\$ -	9.76%	12.74%	1.00	
Variable	Factor de Sensibilidad	VPN	TIR	TRI	B/C	Proyecto
Demanda	40%	-\$ 1,134,264.89	9.59%	6.18%	0.99	
	40%	\$ -	9.68%	6.26%	1.00	
	60%	\$ 44,942,065.31	12.76%	9.32%	1.51	
	70%	\$ 67,980,230.41	14.23%	10.89%	1.77	
	80%	\$ 91,018,395.51	15.66%	12.46%	2.03	
	90%	\$ 114,056,560.61	17.06%	14.03%	2.29	
	100%	\$ 137,094,725.71	18.43%	15.60%	2.55	
	110%	\$ 160,132,890.81	19.78%	17.17%	2.81	
	120%	\$ 183,171,055.91	21.12%	18.74%	3.07	
	130%	\$ 206,209,221.01	22.44%	20.31%	3.33	
	140%	\$ 229,247,386.11	23.74%	21.88%	3.59	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el proyecto no es sensible a modificaciones del monto de inversión, pues aun subiendo su monto a un 142% variable el VAN tendría niveles positivos, por lo que la inversión del proyecto (86.312 mdp) es óptima, ya que el proyecto es rentable en ese momento teniendo un VPN de \$137,094,725.71, una TIR de 18.43% y una TRI de 15.60%, las cuales son mayores a la tasa de descuento (10.00%).

f) Análisis de riesgos

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

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

Tabla 56 Matriz de Riesgos para la construcción del proyecto

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
Regulatorio	Riesgo ocasionado por cambios en la normatividad técnica durante la ejecución del proyecto.	100%		M	B
Diseño	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños realizados por el contratista		100%	B	M
	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños entregados por la Junta de Caminos.	100%		B	M
Construcción	Riesgo ocasionado por falta de calidad en las obras realizadas por el Contratista		100%	B	M
	Riesgo ocasionado por ejecución de mayores cantidades de obra no autorizadas, por procedimientos constructivos inadecuados imputables al CONTRATISTA, o por deficiente programación (o cronología) de ejecución de las obras.		100%	B	M
	Riesgo presentado en el contrato por precios por debajo del presupuesto oficial (es decir, cuando estos precios se encuentran por debajo del presupuesto oficial y/o de cada uno de los (insumos, costos, precios, tarifas, alquiler de equipos, salarios, transportes, de los APU)) en la propuesta del CONTRATISTA. El presupuesto oficial se calcula de		100%	M	M

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	conformidad con los precios de mercado existentes en el sitio del proyecto al momento de publicación del Pliego Definitivo y/o Adendas (en caso de presentarse).				
	Riesgo presentado por escasez de cualquier tipo de material y/o insumos para la ejecución de la obra; o por salida del mercado de insumos o materias primas para la ejecución de las obras objeto del contrato. Al CONTRATISTA le corresponde teniendo en cuenta que debe prever en su propuesta planes de contingencia para mitigar estas eventualidades, teniendo también un Plan de Calidad acorde con el proyecto y de conformidad con la visita técnica que le corresponde realizar al sitio donde se pretenden ejecutar las obras. Riesgo que asume el CONTRATISTA.		100%	B	M
	Riesgo presentado por la fluctuación de precios en los materiales.		100%	M	B
	Riesgo de mayor permanencia y stand by de maquinaria y disponibilidad de personal, por el no inicio de las obras y/o parálisis de la mismas por demoras ocasionadas por la no entrega oportuna, de las revisiones y/o actualizaciones, de cálculos y/o diseños y/o estudios definitivos, del proyecto, que lleve a cabo y/o ejecute el CONTRATISTA, de acuerdo con lo estipulado en el ANEXO TECNICO, en caso de que dichos cálculos y/o diseños y/o estudios estén a cargo del CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo presentado por la modificación y/o cambios de ubicación en las fuentes de materiales presentadas y/o propuestas por el CONTRATISTA. Hace referencia		100%	B	B

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	al riesgo técnico, ambiental y/o social, en cuanto a calidad y cantidad del material, explotación y su distancia de acarreo. Le corresponde al interesado o proponente verificar en la visita a la obra las fuentes de materiales a emplear, para la presentación de una propuesta acorde con las obras a ejecutar.				
Financiero	Riesgo generado por Las fluctuaciones de las tasas de interés, tasa de cambio, variaciones cambiarias y financieras por causas micro o macroeconómicas.		100%	B	B
	Riesgo por insolvencia del Contratista		100%	B	A
Aseguramiento	Riesgo correspondiente a la diferencia entre el valor del siniestro asegurado y el valor del amparo de las pólizas establecidas en el CONTRATO, en el evento en que las causas de los daños objeto del siniestro, sean imputables al CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo de mayores costos y disponibilidad de las pólizas de Garantía Única de Cumplimiento, Responsabilidad Civil Extracontractual y Estabilidad y Calidad de Obra		100%	B	M
Ambiental	Mayores plazos y costos por la gestión para la obtención de licencias y/o permisos.		100%	B	M
	Mayores costos por modificaciones ambientales imputables al contratista		100%	B	M
Fuerza Mayor Asegurable	Riesgo presentado por accidentalidad y/o muerte de personal del CONTRATISTA (Adjudicatario) desde la adjudicación y/o durante la ejecución del contrato, por causas externas al proyecto o por ausencia o falta o deficiencia del SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL de la obra.		100%	B	A

Análisis Costo-Beneficio Simplificado**"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"**

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	Impacto adverso que generen los desastres naturales sobre la ejecución y/o operación del proyecto. Estos incluyen terremotos, inundaciones, incendios y sequías, entre otros. El contratista tiene la obligación de asegurar únicamente la longitud intervenida correspondiente a la reparación de puntos críticos.		100%	B	A
Fuerza Mayor NO Asegurable	Se refieren de manera exclusiva al daño emergente derivado de los actos de terrorismo, guerras o eventos que alteren el orden público, hallazgos arqueológicos, de minas o yacimientos, entre otros.	100%		B	A
Político Social	Mayores costos y plazos por las actividades de gestión Social		100%	B	B
Terminación Anticipada	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada imputable al Contratista		100%	B	M
	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada no imputable al contratista	100%		M	B

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

VI. Conclusiones y recomendaciones

La "Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan" es factible desde el punto de vista de seguridad vial, ya que se volverá un camino con mejores condiciones de operación, eliminando el congestionamiento generado por el cuello de botella provocado por la reducción de sección. Cabe mencionar que la infraestructura a construir mejorará en gran medida la imagen urbana de zona al contar con áreas verdes a lo largo del camellón.

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

Los beneficios del proyecto definidos en reducción de costos generalizados de viaje son mayores que los costos sociales definidos por el costo de inversión, molestias durante el periodo de construcción y mantenimiento, por lo cual la sociedad en su conjunto 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 ejecución del proyecto, se cuenta con los siguientes beneficios principalmente:

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

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

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

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

"Ampliación del Camino No. 781 Cuautitlán-Apaxco y construcción de PSV sobre vías del FFCC México - Querétaro, municipio de Teoloyucan"

- La Tasa Interna de Retorno es superior al costo de oportunidad de capital, **(TIR>10%)**, esta tasa muestra el rendimiento de la inversión.
- La Tasa de Rentabilidad Inmediata (final del primer año de operación de la situación "con Proyecto") muestra un valor igual o superior a la tasa de actualización o de descuento **(TRI >= 10%)**

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

Indicadores		
Indicador	Valor	Observación
VPN Valor Presente Neto	\$137,094,725.71	>\$0.00; Proyecto rentable
TIR Tasa Interna de Retorno	18.43%	> 10%; Proyecto rentable
TRI Tasa de Rentabilidad Inmediata	15.60%	> 10%; Proyecto rentable

Además

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

VII. Bibliografía

LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP.

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

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

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

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

Plan de Desarrollo Municipal de Teoloyucan 2019-2021

Responsables de la Información

Ramo: Secretaria de Movilidad

Entidad: Estado de México

Área Responsable: Junta de Caminos del Estado de México.

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Lucio Barrera Calva	Director de Infraestructura Carretera		02/08/2021

Versión	Fecha
1.0	02/08/2021

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