

## **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

**MODERNIZACIÓN DE LA VIALIDAD DE CONEXIÓN DE LA  
AUTOPISTA PUEBLA - TLAXCALA, E.C. ZACATELCO –  
GUARDIA, del Km. 0+000 al Km 1+900.**

**Junio, 2018.**

# Índice

<b>I.</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI .....</b>	<b>11</b>
	A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	11
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL.....	15
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	16
	D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	19
<b>III.</b>	<b>SITUACIÓN SIN EL PPI .....</b>	<b>23</b>
	A) OPTIMIZACIONES .....	23
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	23
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	24
	D) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	25
	E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	27
<b>IV.</b>	<b>SITUACIÓN CON EL PPI .....</b>	<b>32</b>
	A) DESCRIPCIÓN GENERAL.....	32
	B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....	34
	C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	36
	D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	38
	E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....	38
	F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	39
	G) CAPACIDAD INSTALADA .....	39
	H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN .....	41
	I) VIDA ÚTIL .....	42
	J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES .....	42
	K) ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	44
	L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	45
	M) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	46
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL PPI.....</b>	<b>50</b>
	A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI .....	50
	B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI .....	53
	C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	56
	D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	58
	E) ANÁLISIS DE RIESGOS .....	59
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>62</b>

# I. Resumen Ejecutivo

## Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

La modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, en los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala, tiene como objetivo principal el incrementar la capacidad vial operativa de la ruta para el control eficiente de los volúmenes de tránsito que ésta maneja, a efecto de proporcionar a sus usuarios, una vía de comunicación moderna, eficiente, segura y de alta calidad, que promueva la reducción de sus tiempos de recorrido y costos generalizados de viaje.

Adicionalmente, la ejecución de esta obra optimizará la comunicación; así mismo, la modernización de esta vialidad, contribuirá con el objetivo general del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018, “Llevar a México a su máximo potencial”, alineándose en particular con la Meta Nacional IV “México Próspero” y que señala como estrategia 4.2 “Democratizar el acceso al financiamiento de proyectos con potencial de crecimiento” y estrategia del objetivo 4.9. “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

Problemática Identificada

El principal problema que enfrenta la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, está relacionado principalmente por las bajas velocidades de los usuarios y los elevados tiempos de recorrido, consecuencia de las fallas de la estabilidad del camino, la concentración de agua que ocasiona problema de erosiones, encharcamientos y deformación en la capa de rodamiento en terreno plano, en el camino con calzada de 8.0 mts a nivel de revestimiento.

Actualmente la vialidad se cataloga como un camino suburbano que de acuerdo a sus características geométricas se clasifica como un camino tipo "E2" a nivel de revestimiento en malas condiciones. Cuenta con 1 carril de circulación, con un ancho de calzada de 7.5 metros y 0.5 metros de acotamientos y un Índice de Rugosidad Internacional de 12 m/km. Lo anterior significa una carpeta de rodamiento no pavimentada e intransitable, que no cuenta con las características físicas y geométricas en condiciones mínimas de seguridad para que los usuarios transiten de manera segura

y eficiente debido a las zonas de agrietamientos, falta de señalamiento y en algunos tramos no se tiene la visibilidad adecuada por la falta de líneas para delimitar carriles.

Por lo anterior, se dificulta la circulación por las condiciones físicas y geométricas del tramo, haciendo lento el paso de los vehículos, dadas sus dimensiones, por lo que se presentan altos Costos Generalizados de Viaje (CGV), es decir, altos Costos de Operación Vehicular por lo tanto las velocidades de operación son bajas, incrementando así, los tiempos de recorrido.

Breve descripción del PPI

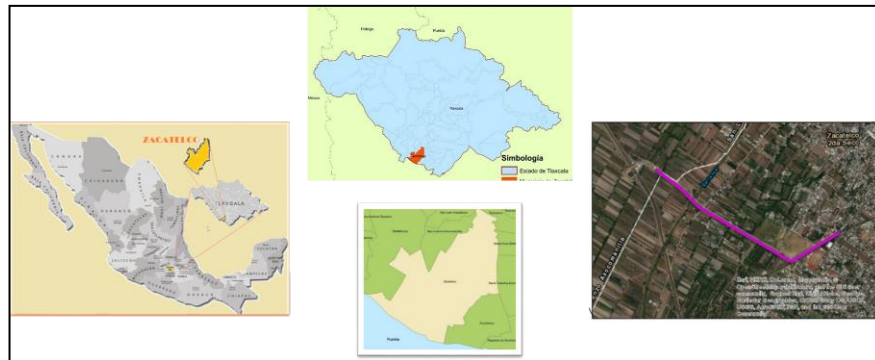
El proyecto consiste en la modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, en los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala.

La modernización se realizará en el tramo del Km. 0+000 al Km 1+900 con la ampliación de la vía existente a 13.0 metros de ancho de calzada con carpeta de concreto asfáltico, para alojar dos carriles de circulación por sentido de 3.25 m cada uno. Así mismo se aplicarán señalamiento horizontal y vertical.

Localización del PPI

La modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, abarca los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, en el estado de Tlaxcala, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura Localización de inicio y fin del proyecto.



Las coordenadas de localización del proyecto son:

Tabla Coordenadas de inicio y fin del proyecto.

Inicio	Fin
19.211808, -98.263874	19.206313, -98.248150

Fuente: Elaboración propia.

## Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, considerando un año de inversión y 30 años de vida útil del proyecto.

Descripción de los principales costos del PPI

Los principales costos del proyecto son:

**Inversión:**

Se requiere una inversión inicial única de \$57.99 Millones de Pesos (Mdp) IVA incluido para los siguientes componentes:

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>					
TRABAJOS PRELIMINARES	m3	3,412.97	283.14	962,951.86	1,117,024.16
TERRACERIAS	m3	14,814.58	76.02	11,262,300.86	13,064,269.00
DRENAJE SANITARIO	ml	1,946.30	54.78	1,065,968.38	1,236,523.32
DRENAJE PLUVIAL	ml	3,145.00	547.69	1,722,483.97	1,998,081.40
ALCANTARILLA	m3	166.34	322.26	535,062.72	620,672.76
INSTALACIONES (ALUMBRADO)	pieza	49.00	37,545.12	1,839,710.91	2,134,064.66
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	ml	9,940.65	7.16	71,127.07	82,507.40
SEÑALAMIENTO VERTICAL	pieza	2,516.00	759.82	1,911,704.52	2,217,577.24
SEÑALAMIENTO DE PROTECCIÓN DE OBRA	pieza	536.00	75.98	407,262.97	472,425.04
PAVIMENTO ASFÁLTICO	m3	7,735.78	881.56	6,819,556.89	7,910,685.99
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA BRIONES</b>	pieza	1.00	4,076,928.66	4,076,928.66	4,729,237.24
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA SECA</b>	pieza	1.00	13,259,533.36	13,259,533.36	15,381,058.70
<b>ENTRONQUE CARRETERO A NIVEL</b>	pieza	1.00	5,508,049.16	5,508,049.16	6,389,337.02
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$49,442,641.32</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 7,910,822.61</b>
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$57,353,463.93</b>
				<b>Cuota al millar</b>	<b>\$ 57,991.37</b>
				<b>Gastos de Administración</b>	<b>\$ 579,913.69</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$57,991,368.99</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala. Los montos pueden variar por los decimales considerados. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo.

**Mantenimiento:**

Se considera el siguiente mantenimiento:

**Rutinaria:** se refiere a los trabajos que se realizan de manera continua durante todos los años para seguridad de los usuarios, y funcionalidad hidráulica de la carretera. Algunos ejemplos son el bacheo aislado, la limpieza y desazolve de cunetas, chapeo del derecho de vía, limpieza y reposición de señales, repintado de marcas de pavimento, y limpieza de alcantarillas.

**Periódica:** se entiende como las acciones planeadas y previstas en el diseño cada determinado tiempo, con el objetivo de proteger la estructura del pavimento, o rescatar la calidad de rodamiento. Acciones típicas son los tratamientos superficiales, como es el caso del riego de sello.

**Sobrecarpeta:** es necesaria cuando la estructura de pavimento requiere un refuerzo mediante la colocación de una nueva capa de carpeta asfáltica.

**Reconstrucción:** como su nombre lo indica, implica volver a construir parcial o totalmente la sección estructural del pavimento, a fin de que cuente con la capacidad estructural adecuada para resistir el tránsito por acumularse, sin que existan modificaciones geométricas en la sección transversal.

Los costos por kilómetro por carril y la periodicidad es la siguiente:

Concepto	Costo por km por carril (pesos)	Periodicidad
Rutinaria	30,000	anual
Periódica	145,000	c/5 años
Sobrecarpeta	800,000	c/10 años
Reconstrucción	2,200,000	c/15 años

	Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>						
TRABAJOS PRELIMINARES		m3	3,412.97	283.14	962,951.86	1,117,024.16
TERRACERIAS		m3	14,814.58	76.02	11,262,300.86	13,064,269.00
DRENAJE SANITARIO		ml	1,946.30	54.78	1,065,968.38	1,236,523.32
DRENAJE PLUVIAL		ml	3,145.00	547.69	1,722,483.97	1,998,081.40
ALCANTARILLA		m3	166.34	322.26	535,062.72	620,672.76
INSTALACIONES (ALUMBRADO)		pieza	49.00	37,545.12	1,839,710.91	2,134,064.66
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL		ml	9,940.65	7.16		

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con la modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, en los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala, se tendrán los siguientes beneficios:

- ✓ Aumento de la capacidad vial y Nivel de Servicio.
- ✓ Incremento en la velocidad global de viaje del flujo vehicular involucrado.
- ✓ Ahorro en tiempos de recorrido.
- ✓ Ahorro en costos de operación vehicular.
- ✓ Mayor seguridad para los usuarios al disminuir los índices de accidentalidad.

En términos económicos, el proyecto generará los siguientes beneficios cuantificados a partir del año 1 que inicie su operación:

- Por Costos de Operación Vehicular se tiene un ahorro de 2.95 Mdp.
- Por tiempos de recorrido se tiene un ahorro de 7.77 Mdp

En total se tendrá un ahorro de 10.72 Mdp por los Costos Generalizados de Viaje para el primer año de operación del proyecto. Utilizando una tasa de crecimiento a lo largo del horizonte de evaluación, el proyecto tendrá un ahorro en Costos Generalizados de Viaje a valor presente de 135.32 Mdp.

Monto total de inversión (con IVA)

\$ 57,991,368.99 (cincuenta y siete millones, novecientos noventa y un mil pesos, trescientos sesenta y ocho pesos 99/100 M.N) con el Impuesto al Valor Agregado incluido.

Riesgos asociados al PPI

Los riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto son los siguientes:

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de Mitigación
Incremento en el monto de inversión	Un incremento en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Bajo	Establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo variaciones en costos y definir medidas correctivas



	Problemas sociales en la zona.	Posibilidad de retraso en las obras	Bajo	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con la comunidad a una persona con experiencia.
	Obtención de los recursos en tiempo	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Medio	Seguimiento puntual con las dependencias involucradas.
	Riesgo en los procesos de licitación	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	Implementar mecanismos de control y transparencia.
	Efectos hidrometeorológicos atípicos durante la construcción del proyecto.	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	El calendario de ejecución contempla los periodos de lluvias.

### Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)

80,340,102.43 pesos

Tasa Interna de Retorno (TIR)

23.60%

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

21.32%

### Conclusión

Conclusión

Realizando la evaluación socioeconómica del proyecto "modernización de la vialidad de

del Análisis  
del PPI

conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia”, se evalúa positivamente conforme a los siguientes resultados:

El Valor Presente Neto (VPN) que genera el flujo del proyecto es de 80.34 millones de pesos, cifra que representa la rentabilidad social positiva del proyecto.

Tiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 23.60% que es mayor a la Tasa Social de Descuento que la sociedad espera con la realización de un proyecto.

Se observa que el proyecto tiene una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) de 21.32% que es mayor a la Tasa de Descuento Social. Esto demuestra que los años propuestos para la ejecución del proyecto son idóneos en términos de rentabilidad social.

Lo anterior significa que el proyecto es idóneo en términos de su rentabilidad social ya que se tendrían beneficios sociales a un menor costo y se contribuiría a resolver la problemática que actualmente se presenta.

## **II. Situación Actual del PPI**

### **a) Diagnóstico de la Situación Actual**

El camino que conecta la Autopista Puebla – Tlaxcala con los municipios de Zacatelco de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, se ubica en la región Sur de la Ciudad de Tlaxcala. Su área de influencia incide en las poblaciones pertenecientes al Municipio del Sur del Estado de Tlaxcala que son: Zacatelco, Xicotzinco, Tepeyanco, Axocomanitla, entre otros.

Esta vía cuenta actualmente con una infraestructura deteriorada y en malas condiciones para atender el tránsito que por ella circula, lo anterior es debido básicamente la vialidad se cataloga como un camino suburbano que de acuerdo a sus características geométricas corresponde a un camino tipo "E2" a nivel de revestimiento en malas condiciones, que para un camino de un carril equivale a maniobras extremadamente difíciles.

Asimismo, derivado de insuficiencia de sus especificaciones geométricas ante el volumen de tránsito que maneja la velocidad máxima permitida en el tramo, la cual dista de lo óptimo para el tránsito de largo itinerario, que es básicamente el tipo de tránsito que utiliza la carretera, ya que tal como se observa en la siguiente figura el tramo en análisis se desarrolla en un ámbito prácticamente rural, con escasa influencia de tránsito urbano o suburbano, por lo que sus condiciones operativas deberían permitir una velocidad de operación mayor.

Figura.- Carretera Panamericana, en su tramo de El Sauz – Pedro Escobedo



La problemática está dada por las bajas velocidades de los usuarios y los elevados tiempos de recorrido, consecuencia de las fallas de la estabilidad del camino, la concentración de agua que ocasiona problema de erosiones, encharcamientos y deformación en la capa de rodamiento en terreno plano, el camino tiene una calzada de 8.0 mts a nivel de revestimiento. Lo anterior provoca que los usuarios incurran en altos costos generalizados de viaje y aumente la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

Aunado a las condiciones de transitabilidad antes descritas se suma la problemática de la dificultad de transporte de mercancías, víveres y personas de las poblaciones aledañas, así como el acceso a bienes y servicios básicos (salud, educación, etc.), siendo que actualmente no cuentan los habitantes de esta zona, viéndose afectada de manera importante la calidad de vida de los pobladores, al no poder trasladarse con seguridad y rápidos a otros lugares, principalmente a la a la capital del Estado de Tlaxcala, así como el Estado de Puebla, donde pueden adquirir los bienes y servicios básicos y especializados (lugares de trabajo, educación), salud (hospitales especializados), lugares de esparcimiento, etc.

A continuación, se muestran algunas imágenes propias del tramo carretero en análisis, en donde se podrán observar las características geométricas generales de la carretera.







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

- Optimizar el nivel de servicio de la vía, a partir de la mejora en las características físicas y operativas del camino y homologar la oferta existente.
- Como consecuencia de los puntos anteriores, se busca reducir los costos generalizados de viaje (CGV) actuales generados por los altos tiempos de recorrido (TR) y los costos de operación vehicular (COV) para la población que utiliza esta vía.
- Proveer de mayor seguridad a los usuarios que transitan la vialidad al proporcionar una vía con características operativas adecuadas.

A continuación, se desarrollará un diagnóstico de la situación actual entre la oferta y la demanda que nos ofrece este tramo carretero; dentro de un análisis de factibilidad económica para la evaluación de un proyecto carretero, se entiende como “Oferta” a la disponibilidad y características físicas y geométricas que presenta el camino; por otra parte, la “Demanda” está constituida por los vehículos que transitan a través del mismo para trasladarse desde su origen hasta su destino.

## b) Análisis de la Oferta Actual

La vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, abarca los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala. El camino interconecta las localidades de Zacatelco, Xicotzinco, Tepeyanco, Axocomanitla, entre otros, tal como se muestra en planta en la siguiente figura:

Figura.- Localización del Tramo en Estudio



Actualmente la vialidad se cataloga como un camino suburbano que de acuerdo a sus características geométricas se clasifica como un camino tipo "E2" a nivel de revestimiento en malas condiciones. Cuenta con 1 carril de circulación, con un ancho de calzada de 7.5 metros y 0.5 metros de acotamientos y un Índice de Rugosidad Internacional de 12 m/km, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Características del Camino	
Longitud (kms)	1.9
Tipo de carretera	E
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	1
Ancho de calzada (m)	7.5
Ancho de corona (m)	8.0
Superficie de rodamiento	Terracería
Estado físico de la Vía	Malo
Rugosidad Promedio (IRI)	12
Acotamientos	0.5
Señalamiento	No en malas condiciones

\*Promedio de vehículos ligeros.

### c) Análisis de la Demanda Actual

La zona de estudio incluye las localidades de: Zacatelco, San Lorenzo Axocomanitla, San Jerónimo Zacualpan, Santa Catarina, El Carmen Aztama, Santa Isabel Xiloxtla, San Francisco Tetlanocan, entre otros, las cuales acceden a través de vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, en el tramo del entronque carretero Zacatelco a la Guardia.

Se observa que el tramo en estudio de 1.9 kms no presenta desviaciones de flujo relevantes, ya que las intersecciones actuales no cuentan con movimientos direccionales, por lo que el flujo es lineal y continuo teniendo los principales accesos en el inicio y fin del tramo en estudio.

Para la estimación de la demanda y a fin de conocer el volumen de tránsito que circula por ese camino, se obtuvo información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda del estado de Tlaxcala, que indica que el tramo presenta TPDA de 2,057 vehículos en 2017.

A fin de identificar la composición del flujo vehicular, en la siguiente tabla se presente la nomenclatura y clasificación vehicular utilizada en este estudio:

Tabla. Clasificación vehicular.

Nomenclatura	Tipo de Vehículo
A	Autos
B	Autobuses (B1 a B4)



<b>C</b>	Camiones unitarios y articulados tipo C2, C3, T3S2, T3S3 Y T3S2R4
----------	---

Considerando la composición vehicular reportada en la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda, se obtiene lo siguiente:

Tabla. Transito Diario Promedio Anual (TDPA) y composición vehicular.

TDPA	Composición		
	A	B	C
2,057	2,016	0	41
100%	98%	0%	2%

Fuente: Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda con datos obtenidos en campo.

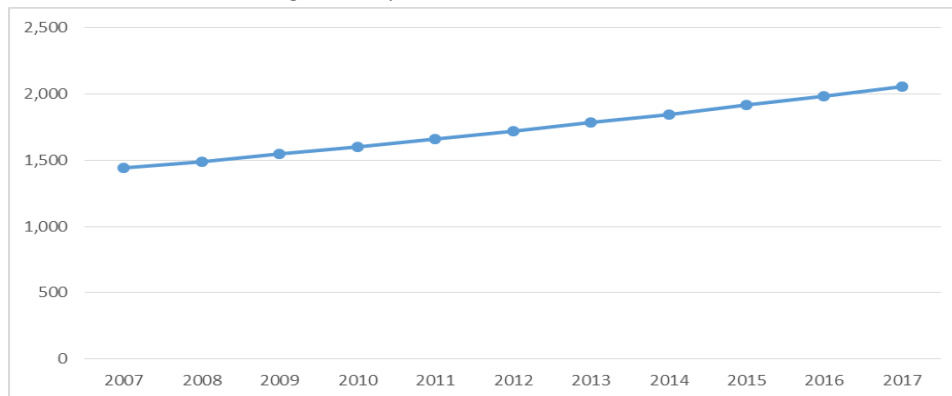
Para determinar la tasa de crecimiento vehicular que se empleará para efectos de este estudio, se efectuó un análisis histórico del TDPA en las estaciones de aforo ubicadas dentro del tramo en cuestión y tomando como referencia los datos publicados por la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda en sus correspondientes libros de datos viales, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla TDPA Histórico

Año	TDPA
2007	1,440
2008	1,493
2009	1,547
2010	1,603
2011	1,661
2012	1,721
2013	1,784
2014	1,848
2015	1,916
2016	1,985
2017	2,057

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

Figura. Comportamiento vehicular histórico.



Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

Una vez graficados los datos históricos, la metodología usada para determinar la TCMA, consiste en definir la ecuación de la línea de tendencia general que define el crecimiento del tránsito para cada una de las estaciones analizadas, una vez definida la ecuación para cada caso, se recalculan las abscisas para obtener la pendiente particular entre años subsecuentes de aforo, valores que se promedian para finalmente obtener la tasa de crecimiento media anual.

De acuerdo a los datos de aforo para el periodo 2007-2017 el TPDA presentó una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 3.5%.

Actualizando la información de la demanda para 2018, se muestra la siguiente tabla:

Tabla. Transito Diario Promedio Anual (TDPA) y composición vehicular para 2018.

TDPA	Composición		
	A	B	C
2,129	2,087	0	42
100%	98%	0%	2%

Fuente: Elaboración propia con estimación de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

Una vez determinada la ramificación de la demanda y la tasa de crecimiento, se estima el TPDA en la situación actual durante los siguientes 30 años, los cuales se presentan a continuación:

Tabla. Proyección del TDPA por tipo de vehículo para la situación actual.

H.E.	A	B	C	Total TDPA
0	2,087	0	42	2,129
1	2,160	0	43	2,204

H.E.	A	B	C	Total TDPA
2	2,236	0	45	2,281
3	2,314	0	47	2,360
4	2,395	0	48	2,443
5	2,479	0	50	2,529
6	2,565	0	52	2,617
7	2,655	0	53	2,709
8	2,748	0	55	2,803
9	2,844	0	57	2,902
10	2,944	0	59	3,003
11	3,047	0	61	3,108
12	3,154	0	63	3,217
13	3,264	0	66	3,330
14	3,378	0	68	3,446
15	3,496	0	70	3,567
16	3,619	0	73	3,692
17	3,745	0	75	3,821
18	3,877	0	78	3,955
19	4,012	0	81	4,093
20	4,153	0	84	4,236
21	4,298	0	86	4,385
22	4,448	0	90	4,538
23	4,604	0	93	4,697
24	4,765	0	96	4,861
25	4,932	0	99	5,031
26	5,105	0	103	5,207
27	5,283	0	106	5,390
28	5,468	0	110	5,578
29	5,660	0	114	5,774
30	5,858	0	118	5,976

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

## d) Interacción de la Oferta-Demanda

Los principales indicadores entre la oferta y la demanda de un proyecto, son las velocidades de operación, los tiempos de recorrido y el nivel de servicio brindado, los cuales se describen a continuación:

### Velocidades de operación

A fin de determinar la velocidad de operación actual, se realizaron estudios en campo por medio del seguimiento de placas, ubicando los puntos de medición en el inicio y fin del tramo en estudio, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla. Velocidad de operación actual. (kms/hr)

Nomenclatura	Velocidad promedio (kms/hr)
<b>Autos (A)</b>	15
<b>Autobuses (B)</b>	10
<b>Camiones unitarios y articulados (C)</b>	12

Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades actuales en la vía son reducidas debido a las características físicas del tramo en estudio.

### Tiempos de recorrido

Los tiempos de recorrido en el tramo de estudio derivados de las velocidades que se presentan son:

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

Tipo de Vehículo	Tiempos de recorrido (mins)
<b>Autos (A)</b>	7.6
<b>Autobuses (B)</b>	11.4
<b>Camiones unitarios y articulados (C)</b>	9.5

Fuente: Elaboración propia.

### Nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros en el que opera la carretera, reflejando su grado de eficiencia. Las condiciones de operación de los niveles de servicio de un tramo de carretera de carriles múltiples se expresan en términos de la densidad de vehículos por carril en un intervalo de tiempo, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. La descripción de los servicios es:

Nivel de servicio	Descripción de elementos que definen el nivel del servicio.
A	Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro tránsito. El nivel

Nivel de servicio	Descripción de elementos que definen el nivel del servicio.
	general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.
B	Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.
C	Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
D	Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.
E	El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son emergentes bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.
F	Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

Para el análisis de capacidad se utilizó la metodología y parámetros del Manual de Capacidad Vial de la SCT. Asimismo, con base a la TCMA seleccionada, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda.

Una vez identificadas las características cualitativas de la vialidad, se realizó una estimación del nivel de servicio en el tramo de estudio, el cual se cataloga como “E”.

Tabla. Nivel de servicio situación actual.

H.E.	TDPA	Nivel de Servicio
0	2,129	E
1	2,204	E
2	2,281	E
3	2,360	E
4	2,443	E
5	2,529	E
6	2,617	E
7	2,709	E
8	2,803	E
9	2,902	E
10	3,003	E
11	3,108	E
12	3,217	E
13	3,330	E
14	3,446	E
15	3,567	E
16	3,692	E
17	3,821	E
18	3,955	E
19	4,093	E
20	4,236	E
21	4,385	E
22	4,538	E
23	4,697	E
24	4,861	E
25	5,031	E
26	5,207	E
27	5,390	E
28	5,578	E
29	5,774	E
30	5,976	E

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

### III. Situación sin el PPI

#### a) Optimizaciones

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual y definida la problemática que da origen al proyecto, se debe considerar si existen posibles optimizaciones, es decir, medidas o acciones de “bajo costo” que reduzcan la problemática identificada de la situación actual y que permitan mejorar las condiciones actuales de la vía. Esto con el propósito de no atribuirle beneficios al proyecto que no le corresponden.

Para mejorar la situación actual se identifica como medida de optimización el mantenimiento continuo a la capa de revestimiento, debiéndose llevar a cabo cada vez que se tiene temporada de lluvias. El costo de mantenimiento sería de \$ 150,000.00 cada año.

Con estas acciones, la seguridad se incrementaría, sin embargo, prevaleciendo así la demora en los tiempos de recorrido y la reducción de la calidad del servicio. Las variables se modifican de manera poco significativa en la situación sin proyecto, por lo que debido a que impacto de las medidas de optimización es mínimo y el estado actual de la superficie de rodamiento, la situación actual, se considera la situación sin proyecto.

#### b) Análisis de la Oferta

Una vez identificadas y cuantificadas las medidas de optimización, la oferta de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, en el tramo del entronque carretero Zacatelco a la Guardia, presenta las mismas características que en la situación actual, tal como se observa a continuación:

Tabla. Características físicas sin proyecto.

<b>Características del Camino</b>	
Longitud (kms)	1.9
Tipo de carretera	E
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	1
Ancho de calzada (m)	7.5
Ancho de corona (m)	8.0
Superficie de rodamiento	Terracería
Estado físico de la Vía	Malo
Rugosidad Promedio (IRI)	12

Acotamientos	0.5
Señalamiento	No en malas condiciones

Fuente: Elaboración propia.

La vialidad se cataloga como un camino suburbano que de acuerdo a sus características geométricas se clasifica como un camino tipo "E2" a nivel de revestimiento en malas condiciones. Cuenta con 1 carril de circulación, con un ancho de calzada de 7.5 metros y 0.5 metros de acotamientos y un Índice de Rugosidad Internacional de 12 m/km

Como se puede observar, se mejora paliativamente la superficie de rodamiento, sin embargo, no se resuelve la problemática presentada para dotar de elementos a la vialidad que permitan ampliar la capacidad de la vía, así como incorporar la convivencia de manera segura del peatón, los vehículos motorizados y no motorizados que transitan por la misma.

### c) Análisis de la Demanda

Con la implementación de las medidas de optimización no se espera un impacto en la demanda actual, por lo que a continuación se presenta la demanda estimada por tipo de vehículo para un horizonte de evaluación de 31 años, considerando una composición vehicular de 98% para vehículos ligeros (A), 0% para Autobuses (B) y 2% para camiones unitarios y articulados (C).

Tabla. Proyección del TDPA por tipo de vehículo en situación sin proyecto.

H.E.	A	B	C	Total TDPA
0	2,087	0	42	2,129
1	2,160	0	43	2,204
2	2,236	0	45	2,281
3	2,314	0	47	2,360
4	2,395	0	48	2,443
5	2,479	0	50	2,529
6	2,565	0	52	2,617
7	2,655	0	53	2,709
8	2,748	0	55	2,803
9	2,844	0	57	2,902
10	2,944	0	59	3,003
11	3,047	0	61	3,108



H.E.	A	B	C	Total TDPA
12	3,154	0	63	3,217
13	3,264	0	66	3,330
14	3,378	0	68	3,446
15	3,496	0	70	3,567
16	3,619	0	73	3,692
17	3,745	0	75	3,821
18	3,877	0	78	3,955
19	4,012	0	81	4,093
20	4,153	0	84	4,236
21	4,298	0	86	4,385
22	4,448	0	90	4,538
23	4,604	0	93	4,697
24	4,765	0	96	4,861
25	4,932	0	99	5,031
26	5,105	0	103	5,207
27	5,283	0	106	5,390
28	5,468	0	110	5,578
29	5,660	0	114	5,774
30	5,858	0	118	5,976

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

## d) Interacción Oferta-Demanda

Con la implementación de las medidas de optimización no se espera un impacto en el nivel de servicio, por lo que a continuación se presenta la proyección a lo largo del horizonte de evaluación de 31 años:

Tabla. Nivel de servicio situación sin proyecto.

H.E.	TDPA	Nivel de Servicio
0	2,129	E
1	2,204	E
2	2,281	E
3	2,360	E
4	2,443	E
5	2,529	E
6	2,617	E
7	2,709	E
8	2,803	E

H.E.	TDPA	Nivel de Servicio
9	2,902	E
10	3,003	E
11	3,108	E
12	3,217	E
13	3,330	E
14	3,446	E
15	3,567	E
16	3,692	E
17	3,821	E
18	3,955	E
19	4,093	E
20	4,236	E
21	4,385	E
22	4,538	E
23	4,697	E
24	4,861	E
25	5,031	E
26	5,207	E
27	5,390	E
28	5,578	E
29	5,774	E
30	5,976	E

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

## Costos Generalizados de Viaje

En un análisis económico, el punto de interacción oferta y demanda está representada por un precio, en este caso el Costos Generalizado de Viaje o CGV. La proyección los CGV se presentan en al siguiente tabla.

Tabla. Costo Generalizado de Viaje (\$/km/veh) en la Situación Sin Proyecto

Costos Generalizado de viaje (\$/km/veh)			
AÑO	A	B	C
0	13.16		47.42
1	13.16		53.88
2	13.16		53.88

Costos Generalizado de viaje (\$/km/veh)			
AÑO	A	B	C
3	13.16		53.88
4	13.16		53.88
5	13.16		53.88
6	13.16		53.88
7	13.16		53.88
8	13.16		53.88
9	13.16		53.88
10	13.16		53.88
11	13.16		53.88
12	13.16		53.88
13	13.16		53.88
14	13.16		53.88
15	13.16		53.88
16	13.16		53.88
17	13.16		53.88
18	13.16		53.88
19	13.16		53.88
20	13.16		53.88
21	13.16		53.88
22	13.16		53.88
23	13.16		53.88
24	13.16		53.88
25	13.16		53.88
26	13.16		53.88
27	13.16		53.88
28	13.16		53.88
29	13.16		53.88
30	13.16		53.88

Fuente: Elaboración propia

## e) Alternativas de solución

Se consideraron un par de alternativas de solución a la problemática existente, con la finalidad de identificar el proyecto más conveniente desde el punto de vista técnico-económico. A continuación, se describen las alternativas analizadas.

**Alternativa 1:** “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, en los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala”.

La modernización se realizará en el tramo del Km. 0+000 al Km1+900 con la ampliación de la vía existente a 13.0 metros de ancho de calzada con carpeta de concreto asfáltico, para alojar 2 carriles de circulación por sentido de 3.25 m cada uno. Así mismo se aplicarán señalamiento horizontal y vertical.

Las ventajas de esta propuesta son las siguientes:

- Menor costo de implementación.
- Se mejora el nivel de servicio
- Se refuerza la estructura del pavimento en los carriles que son los que soportan las cargas de los vehículos pesados.
- Se mejora la capacidad de carga del pavimento.
- Se mantiene la superficie de rodamiento en buen estado.
- Se mejoran las velocidades de operación
- El procedimiento constructivo permite la apertura de las vialidades en menor tiempo.
- Representa una solución integral a la problemática del tránsito vehicular en la zona.
- Contribuye satisfactoriamente a la solución de la situación actual.

El costo de inversión de esta alternativa es de 57.99 millones de pesos (Mdp)<sup>1</sup>, posibilitando una correcta funcionalidad con una vida útil de 30 años.

Tabla. Costos de Inversión Alternativa 1<sup>2</sup>.

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>					
TRABAJOS PRELIMINARES	m3	3,412.97	283.14	962,951.86	1,117,024.16
TERRACERIAS	m3	14,814.58	76.02	11,262,300.86	13,064,269.00
DRENAJE SANITARIO	ml	1,946.30	54.78	1,065,968.38	1,236,523.32
DRENAJE PLUVIAL	ml	3,145.00	547.69	1,722,483.97	1,998,081.40
ALCANTARILLA	m3	166.34	322.26	535,062.72	620,672.76
INSTALACIONES (ALUMBRADO)	pieza	49.00	37,545.12	1,839,710.91	2,134,064.66
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	ml	9,940.65	7.16	71,127.07	82,507.40
SEÑALAMIENTO VERTICAL	pieza	2,516.00	759.82	1,911,704.52	2,217,577.24
SEÑALAMIENTO DE PROTECCIÓN DE OBRA	pieza	536.00	75.98	407,262.97	472,425.04

<sup>1</sup> I.V.A Incluido.

<sup>2</sup> Para mayor detalle de costo por componente, unidad de medida, cantidad, precio unitario e importe total, ver Anexo. Memoria de Cálculo.

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
PAVIMENTO ASFÁLTICO	m3	7,735.78	881.56	6,819,556.89	7,910,685.99
PUENTE SOBRE BARRANCA BRIONES	pieza	1.00	4,076,928.66	4,076,928.66	4,729,237.24
PUENTE SOBRE BARRANCA SECA	pieza	1.00	13,259,533.36	13,259,533.36	15,381,058.70
ENTRONQUE CARRETERO A NIVEL	pieza	1.00	5,508,049.16	5,508,049.16	6,389,337.02
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$49,442,641.32</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 7,910,822.61</b>
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$57,353,463.93</b>
				<b>Cuota al millar</b>	<b>\$ 57,991.37</b>
				<b>Gastos de Administración</b>	<b>\$ 579,913.69</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$57,991,368.99</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala. Los montos pueden variar por los decimales considerados. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo.

**Alternativa 2:** “Ampliación de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, con concreto hidráulico”.

Contempla la ampliación y pavimentación del camino A2 de concreto hidráulico de 25 cm de espesor con módulo de ruptura a la flexión de MR 45kg/cm<sup>2</sup>, así como la realización de obras complementarias (señalamiento vial, retornos, e iluminación del acceso, sistema de ductos y seguridad para vigilancia remota). La vialidad abarca desde la Autopista Puebla – Tlaxcala en el Entronque Carretero Zacatelco a Guardia, con una longitud de 1.9 kilómetros y 20 metros de corona, con cuatro carriles.

Las ventajas de esta propuesta son las siguientes:

- Óptimo nivel de servicio durante el horizonte de evaluación.
- Contribuye satisfactoriamente a la solución de la situación actual

Las desventajas de esta alternativa son las siguientes:

- Mayor costo de implementación.
- Mayor tiempo de intervención.
- No se evita continuar con el mantenimiento correctivo a la carpeta existente.

El costo de inversión para la implementación de esta alternativa es de 110.20 Mdp<sup>3</sup>, con vida útil de 30 años.

Tabla. Costos de inversión de la Alternativa 2.<sup>4</sup>

Vialidad y obras con concreto hidráulico	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe Total
PRELIMINARES	M2	6,583.96	380.00	2,501,904.80
SISTEMA ELÉCTRICO	ML	35,457.34	1,272.42	45,116,628.56
PAVIMENTO HIDRÁULICO	M3	25,304.54	1,361.76	34,458,710.39
OBRAS DE DRENAJE	ML	10,152.74	227.14	2,306,093.36
SEÑALAMIENTO VIAL	ML	12,032.40	882.34	10,616,667.82
<b>Sub Total</b>				<b>95,000,004.93</b>
<b>IVA</b>				<b>15,200,000.79</b>
<b>Total</b>				<b>110,200,005.72</b>

Fuente: Elaboración propia con información de costos paramétricos.

**Comparativo entre alternativas:** De acuerdo a los costos presentados en cada una de las alternativas, se concluye que la alternativa 1 es la más conveniente desde el punto de vista económico, aunado a que, desde el punto de vista técnico, la alternativa 1 permite una intervención desde la estructura y de forma rápida a la problemática presentada, evitando daños y molestias a la sociedad y permitiendo mantener en condiciones adecuadas de operación.

Considerando la tasa social de descuento del 10%, se obtuvo el CAE para cada una de las alternativas:

Tabla. Costo Anual Equivalente.

Concepto	Alternativa 1	Alternativa 2
Tasa de Descuento	10%	10%
Horizonte de Evaluación (años)	1	1
Vida útil (años)	30	30
Costo de Inversión (Mdp)	57.99	110.20
Valor Actual de los Costos (Mdp)	52.64	101.31
<b>Costo Anual Equivalente (Mdp)</b>	<b>5.58</b>	<b>10.75</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el Análisis del Costo Anual Equivalente de cada alternativa se selecciona la alternativa 1, es decir, **Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia**, debido a que muestra un CAE de 5.58 Mdp, menor al de la alternativa 2 que es de 10.75. Aunado a lo anterior, la

<sup>3</sup> I.V.A Incluido.

<sup>4</sup> Para mayor detalle de costo por componente, unidad de medida, cantidad, precio unitario e importe total, ver Anexo. Memoria de Cálculo.

alternativa 1 presenta mayores criterios sociables, debido al menor tiempo de intervención.

Por lo anterior se concluye que la alternativa 1 es la mejor alternativa desde el punto de vista económico, técnico y social.

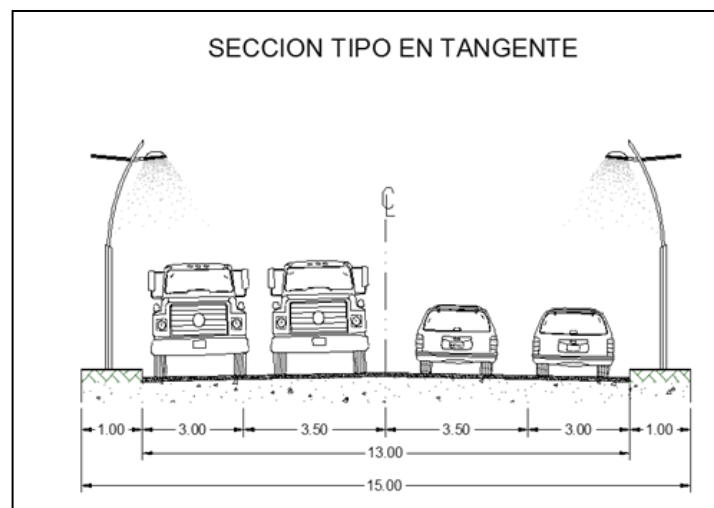
## IV. Situación con el PPI

### a) Descripción general

El proyecto “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia” corresponde al siguiente tipo:

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

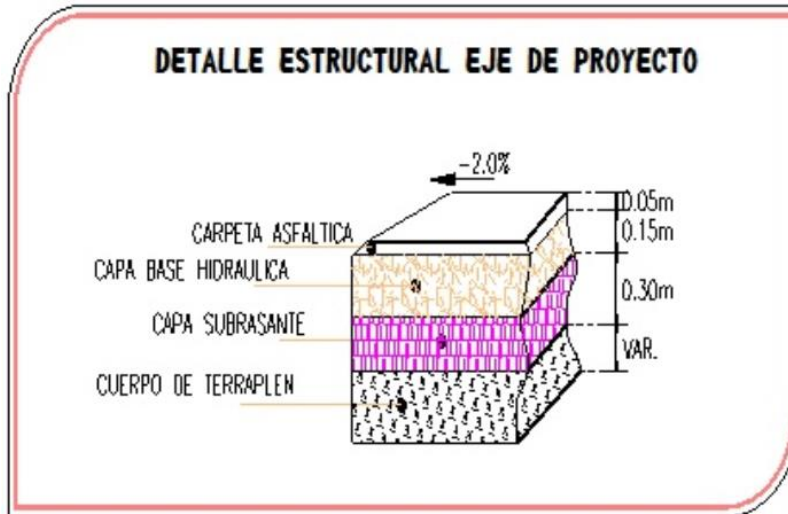
El proyecto consiste en la modernización a 2 carriles de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, en los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala. Se contará con una vialidad que permitirá un flujo continuo, contado con 2 carriles por sentido, con 3.25 m de ancho, para tener una ampliación de la vía existente a 13.0 metros de ancho de calzada con carpeta de concreto asfáltico. Así mismo se aplicarán señalamiento horizontal y vertical.





La estructura de pavimento propuesta para le ejecución de proyecto se conforma como se presenta:

Figura. Estructura de pavimento propuesta.



Fuente: Información proporcionada por la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

La zona a intervenir con el proyecto se presenta a continuación:

Figura. Zona por intervenir con el proyecto.



Los principales componentes del proyecto son:

Tabla. Componentes del proyecto.

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>					
TRABAJOS PRELIMINARES	m3	3,412.97	283.14	962,951.86	1,117,024.16
TERRACERIAS	m3	14,814.58	76.02	11,262,300.86	13,064,269.00
DRENAJE SANITARIO	ml	1,946.30	54.78	1,065,968.38	1,236,523.32
DRENAJE PLUVIAL	ml	3,145.00	547.69	1,722,483.97	1,998,081.40
ALCANTARILLA	m3	166.34	322.26	535,062.72	620,672.76
INSTALACIONES (ALUMBRADO)	pieza	49.00	37,545.12	1,839,710.91	2,134,064.66
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	ml	9,940.65	7.16	71,127.07	82,507.40
SEÑALAMIENTO VERTICAL	pieza	2,516.00	759.82	1,911,704.52	2,217,577.24
SEÑALAMIENTO DE PROTECCIÓN DE OBRA	pieza	536.00	75.98	407,262.97	472,425.04
PAVIMENTO ASFÁLTICO	m3	7,735.78	881.56	6,819,556.89	7,910,685.99
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA BRIONES</b>	pieza	1.00	4,076,928.66	4,076,928.66	4,729,237.24
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA SECA</b>	pieza	1.00	13,259,533.36	13,259,533.36	15,381,058.70
<b>ENTRONQUE CARRETERO A NIVEL</b>	pieza	1.00	5,508,049.16	5,508,049.16	6,389,337.02
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$49,442,641.32</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 7,910,822.61</b>
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$57,353,463.93</b>
				<b>Cuota al millar</b>	<b>\$ 57,991.37</b>
				<b>Gastos de Administración</b>	<b>\$ 579,913.69</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$57,991,368.99</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala. Los montos pueden variar por los decimales considerados. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo.

## b) Alineación estratégica

El proyecto contribuye a la consecución del Objetivo 4.9 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, que dice “Contar con una infraestructura de transporte que refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

Para lo anterior este proyecto se alinea al Estrategia 4.9.1 del PND “**Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia**”.

**Línea de acción** “Llevar a cabo la modernización de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos”.

Con relación al Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, el proyecto está alineado con el Objetivo:

1: “Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social”.

**Alineándose con la Estrategia 1.1: “**

Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”. Como se menciona en el Plan Nacional de Desarrollo 2013 -2018, que a la letra dice:

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 42, fracción I de la Ley Orgánica de la Administración

**Línea de acción:**

1.1.4 Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.

Respecto al el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018, el proyecto está alineado con el Objetivo 1:

“Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”.

**Para lo que se alinea a la Estrategia 1.1**

“Modernizar, construir y conservar la red carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos, de eficiencia, seguridad y equidad regional”.

**Líneas de acción:**

Construir, modernizar y conservar carreteras y carreteras, privilegiando los recorridos de largo itinerario.

Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios.

Por otra parte, la planeación urbana tiene como objetivo coadyuvar en el desarrollo integral del **Estado de Tlaxcala, por lo que en el Plan Estatal de Desarrollo 2017 - 2021** corresponde a las principales áreas de política pública y que actualmente se manifiestan en los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), cuyo establecimiento de condiciones son necesarias para alcanzar el logro de estas prioridades, se tiene considerado que las aspiraciones para incorporar a la Entidad en los nuevos escenarios que demanda la dinámica del desarrollo, estriban en la modernización de su infraestructura disponible y en la construcción y rehabilitación de vialidades, que permitan conectar al Estado y sus regiones con las de otras Entidades.

Se encuentra en el Apartado 3 Integración Regional Ordenada y Sustentable.

En el segundo capítulo de “Movilidad y Conectividad Regional”

### **OBJETIVO 3.2.**

Desarrollo de un sistema de transporte público masivo eficiente y seguro que permita la interconexión regional.

#### **Estrategia 3.2.5.**

Mejorar la infraestructura suburbana en carreteras estatales.

#### **Líneas de Acción**

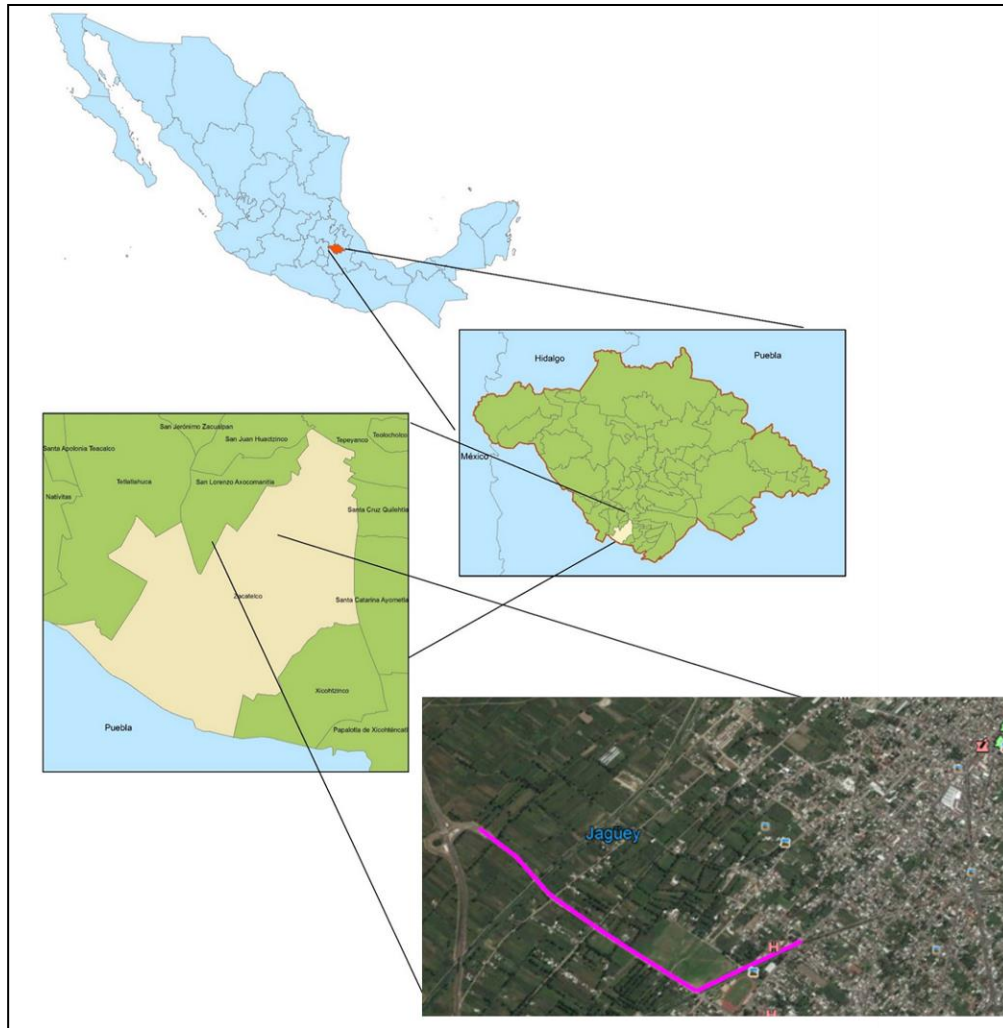
**3.2.5.1** Mejorar la señalización en carreteras del estado para reducir accidentes.

**3.2.5.2** Gestionar e impulsar el desarrollo de la infraestructura vial.

### **c) Localización geográfica**

La modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, abarca los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, en el estado de Tlaxcala, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura Localización de inicio y fin del proyecto.



Las coordenadas de localización del proyecto son:

Tabla Coordenadas de inicio y fin del proyecto.

Inicio	Fin
19.211808, -98.263874	19.206313, -98.248150

Fuente: Elaboración propia.

## d) Calendario de actividades

El calendario de actividades del proyecto se estima de la siguiente manera:

Tabla. Calendario de las principales actividades a desarrollar.

Avance	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Físico (%)	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
Financiero(\$)	8,193,351.99	8,193,351.99	8,193,351.99	8,193,351.99	8,193,351.99	8,193,351.99
Avance	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Físico (%)	10.00%					
Financiero(\$)	8,193,351.99					
<b>Total Físico</b>						<b>100.00%</b>
<b>Total Financiero Disponible</b>						<b>\$ 57,353,463.93</b>
<b>Cuota al Millar</b>						<b>\$ 57,991.37</b>
<b>Gastos de Administración</b>						<b>\$ 579,913.69</b>
<b>Total Financiero Solicitado</b>						<b>\$ 57,991,368.99</b>

## e) Monto total de inversión

El proyecto “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia” contempla una inversión de 57,991,368.99 (cincuenta y siete millones, novecientos noventa y un mil pesos, trescientos sesenta y ocho pesos 99/100 M.N) con el Impuesto al Valor Agregado incluido, el cual incluye los siguientes rubros:

Tabla Monto de inversión (Principales componentes del proyecto).

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>					
TRABAJOS PRELIMINARES	m3	3,412.97	283.14	962,951.86	1,117,024.16
TERRACERIAS	m3	14,814.58	76.02	11,262,300.86	13,064,269.00
DRENAJE SANITARIO	ml	1,946.30	54.78	1,065,968.38	1,236,523.32
DRENAJE PLUVIAL	ml	3,145.00	547.69	1,722,483.97	1,998,081.40
ALCANTARILLA	m3	166.34	322.26	535,062.72	620,672.76
INSTALACIONES (ALUMBRADO)	pieza	49.00	37,545.12	1,839,710.91	2,134,064.66
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	ml	9,940.65	7.16	71,127.07	82,507.40
SEÑALAMIENTO VERTICAL	pieza	2,516.00	759.82	1,911,704.52	2,217,577.24
SEÑALAMIENTO DE PROTECCIÓN DE OBRA	pieza	536.00	75.98	407,262.97	472,425.04
PAVIMENTO ASFÁLTICO	m3	7,735.78	881.56	6,819,556.89	7,910,685.99
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA BRIONES</b>	pieza	1.00	4,076,928.66	4,076,928.66	4,729,237.24



Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
PUENTE SOBRE BARRANCA SECA	pieza	1.00	13,259,533.36	13,259,533.36	15,381,058.70
ENTRONQUE CARRETERO A NIVEL	pieza	1.00	5,508,049.16	5,508,049.16	6,389,337.02
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$49,442,641.32</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 7,910,822.61</b>
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$57,353,463.93</b>
				<b>Cuota al millar</b>	<b>\$ 57,991.37</b>
				<b>Gastos de Administración</b>	<b>\$ 579,913.69</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$57,991,368.99</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala. Los montos pueden variar por los decimales considerados. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo.

## f) Fuentes de financiamiento

Los recursos necesarios para la ejecución del proyecto serán de origen federal, en su totalidad como se muestra en la siguiente tabla:

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
<b>1. Federales</b>	Fondo Metropolitano	57.99	100%
<b>2. Estatales</b>			
<b>3. Municipales</b>			
<b>4. Fideicomisos</b>			
<b>5. Otros</b>			
<b>Total</b>		57.99	100%

## g) Capacidad instalada

El proyecto “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia” consiste en la modernización a 2 carriles de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, en los municipios de Zacatelco y San Lorenzo Axocomanitla, estado de Tlaxcala. Se contará con una vialidad que permitirá un flujo continuo, contado con 2 carriles por sentido, con 3.25 m de ancho, para tener una ampliación de la vía existente a 13.0 metros de ancho de calzada con carpeta de concreto asfáltico. Así mismo se aplicarán señalamiento horizontal y vertical.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede circular por una vía (Flujo de Servicio). Éste flujo aumenta en la medida que

el nivel del servicio es de menor calidad y su calificación se asigna a letras entre la A (condiciones óptimas de movilidad y bajas demoras) y la E (condiciones de flujo forzado, congestión permanente y altas demoras). Más allá de este último nivel, las condiciones son más desfavorables (calificación F), pero el flujo de servicio no aumenta, disminuye.

En la siguiente tabla se presenta la demanda anual esperada, así como el comparativo del nivel de servicio que se tendrá a lo largo del horizonte de evaluación en las situaciones con y sin proyecto, la cual refleja las limitantes de operación y capacidad actuales de la vialidad. Es importante señalar que la demanda estimada se encuentra bajo un escenario base, que no se consideran viajes desviados de vías de competencia, ni los proyectos en ejecución.

Tabla. Capacidad instalada; niveles de servicio sin y con proyecto.

H.E.	TDPA	Nivel de Servicio Sin Proyecto	Nivel de Servicio Con Proyecto
0	2,129	E	A
1	2,204	E	A
2	2,281	E	A
3	2,360	E	A
4	2,443	E	A
5	2,529	E	A
6	2,617	E	A
7	2,709	E	A
8	2,803	E	A
9	2,902	E	A
10	3,003	E	A
11	3,108	E	A
12	3,217	E	A
13	3,330	E	A
14	3,446	E	A
15	3,567	E	B
16	3,692	E	B
17	3,821	E	B
18	3,955	E	B
19	4,093	E	B



20	4,236	E	B
21	4,385	E	B
22	4,538	E	B
23	4,697	E	B
24	4,861	E	B
25	5,031	E	B
26	5,207	E	B
27	5,390	E	B
28	5,578	E	B
29	5,774	E	B
30	5,976	E	B

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

Como se puede observar, en el año 1 se tendrá una afluencia vehicular (Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 2,204 vehículos con un nivel de servicio tipo A, el cual se mantendrá por 15 años, reflejando una evolución del TDPA a 5,976 vehículos en el transcurso de la vida útil del proyecto de 30 años con un nivel de servicio tipo B.

## h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas anuales del proyecto son:

Tabla. Metas totales del proyecto.

Componente	Unidad de Medida	Cantidad
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>		
DRENAJE SANITARIO	ml	1,946.30
DRENAJE PLUVIAL	ml	3,145.00
ALCANTARILLA	m3	166.34
INSTALACIONES (ALUMBRADO)	pieza	49.00
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	ml	9,940.65
SEÑALAMIENTO VERTICAL	pieza	2,516.00
SEÑALAMIENTO DE PROTECCIÓN DE OBRA	pieza	536.00
PAVIMENTO ASFÁLTICO	m3	7,735.78
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA BRIONES</b>	pieza	1.00
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA SECA</b>	pieza	1.00
<b>ENTRONQUE CARRETERO A NIVEL</b>	pieza	1.00

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo.

## i) Vida útil

El presente proyecto contempla un horizonte de evaluación de 31 años, de los cuales 1 año corresponde a la inversión y 30 años de operación del proyecto (vida útil del proyecto).

Tabla Vida útil del proyecto.

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	30 años

Fuente: Elaboración propia.

## j) Descripción de los aspectos más relevantes

### *Estudios técnicos*

Técnicamente el proyecto ejecutivo se realiza de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT y cuenta con el visto bueno correspondiente. En el ámbito jurídico, se cuenta con el 100% del derecho de vía necesario.

### *Estudios legales*

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 36, inciso I, establece que corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país. Asimismo, en los incisos XXI y XXII del mismo artículo se establece que corresponde a la SCT construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y centrales de autotransporte federal; construir y conservar caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares.

En el Capítulo II, artículo 5º de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal se establece que corresponden a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal las siguientes atribuciones:

- I. Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los caminos, puentes, servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares;
- II. Construir y conservar directamente caminos y puentes;

- III. Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso;
- IV. Vigilar, verificar e inspeccionar que los caminos y puentes, así como los servicios de autotransporte y sus servicios auxiliares cumplan con los aspectos técnicos y normativos correspondientes; (Reforma en el DOF de fecha 4 de enero de 1999).
- V. Determinar las características y especificaciones técnicas de los caminos y puentes;
- VI. Expedir las normas oficiales mexicanas de caminos y puentes, así como de vehículos de autotransporte y sus servicios auxiliares;
- VII. Derogada. (DOF de fecha 4 de enero de 1999).
- VIII. Establecer las bases generales de regulación tarifaria; y
- IX. Las demás que señalen otras disposiciones legales aplicables.

El procedimiento de contratación, ejecución y control de las obras se lleva a cabo con base en lo establecido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas (LOPSRM).

Al respecto, el proyecto de Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia, cuenta con el derecho de vía necesario y las estructuras se construirán sobre el camino existente. Cabe mencionar que el equipo de adquisición del Municipio de Tlaxcala ha implementado la estrategia correspondiente para realizar dicho trámite.

### ***Estudios ambientales***

El proyecto se encuentra en una zona ya impactada, e identificada con uso urbano, por lo que se cuenta con la autorización de la exención de Manifestación de Impacto Ambiental ante la SEMARNAT.

### ***Estudios de mercado***

Debido a que la obra es en una vía existente el mercado del proyecto está dado por su tránsito y las vialidades existentes, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a cabo en las secciones anteriores se equipara al estudio de mercado.

### ***Estudios Específicos***

No se requieren estudios adicionales.

## k) Análisis de la Oferta

Considerando la entrada en operación del proyecto, éste mejorará de forma considerable la velocidad y comodidad de operación, por lo que las demoras disminuirían drásticamente, teniendo así una vialidad de flujo continuo con un nivel de servicio que califica como “A”.

Es importante mencionar que, con la realización del proyecto de infraestructura presentado se pretende disminuir accidentes, impulsar el desarrollo económico y social, y mejorar el nivel de servicio de la vialidad para el volumen de tránsito que utiliza por diversas razones el tramo carretero. De manera que la demanda será cubierta con la oferta propuesta, y los costos que se presentan respecto a tiempos de recorrido y COV se reducen de forma sensible, siendo ahora esta reducción un beneficio para la sociedad.

Con la ejecución del proyecto se modificarán las características físicas de la vía, mejorando la calidad de la oferta vial, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla. Características físicas de la vialidad sin y con proyecto

Concepto	Con Proyecto
Longitud (kms)	41.9
Tipo de carretera	A
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2 (1 por sentido)
Ancho de carril (m)	3.25
Ancho de calzada (m)	13
Ancho de corona (m)	15
Superficie de rodamiento	Concreto Asfáltico
Estado físico de la vía	Bueno
Rugosidad Promedio (IRI)	3
Acotamientos	a los costados de 1.00 m.
Señalamientos	Si en buenas condiciones

## I) Análisis de la Demanda

La demanda estimada para la situación con proyecto es conservadora al ser la misma que se presenta en la situación sin proyecto, ya que no se estima el tránsito potencial a ser desviado de las vías de competencia debido a las mejores condiciones que se esperan en la vía en estudio; ni el generado por futuros desarrollos y proyectos en la zona de influencia.

A continuación, se presenta la demanda estimada por tipo de vehículo para un horizonte de evaluación de 30 años, considerando una composición vehicular de 98% para vehículos ligeros (A), 0% para Autobuses (B) y 2% para camiones unitarios y articulados (C).

Tabla. Proyección del TDPA por tipo de vehículo en situación con proyecto.

H.E.	A	B	C	Total TDPA
0	2,087	0	42	2,129
1	2,160	0	43	2,204
2	2,236	0	45	2,281
3	2,314	0	47	2,360
4	2,395	0	48	2,443
5	2,479	0	50	2,529
6	2,565	0	52	2,617
7	2,655	0	53	2,709
8	2,748	0	55	2,803
9	2,844	0	57	2,902
10	2,944	0	59	3,003
11	3,047	0	61	3,108
12	3,154	0	63	3,217
13	3,264	0	66	3,330
14	3,378	0	68	3,446
15	3,496	0	70	3,567
16	3,619	0	73	3,692
17	3,745	0	75	3,821
18	3,877	0	78	3,955
19	4,012	0	81	4,093
20	4,153	0	84	4,236
21	4,298	0	86	4,385
22	4,448	0	90	4,538
23	4,604	0	93	4,697

H.E.	A	B	C	Total TDPA
24	4,765	0	96	4,861
25	4,932	0	99	5,031
26	5,105	0	103	5,207
27	5,283	0	106	5,390
28	5,468	0	110	5,578
29	5,660	0	114	5,774
30	5,858	0	118	5,976

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

## m) Interacción Oferta-Demanda

Con la realización del proyecto, los cambios que presenta la oferta y la demanda se ve reflejado en las velocidades de operación, los tiempos de recorrido y el nivel de servicio brindado, los cuales se describen a continuación:

### Velocidades de operación

Las velocidades con la puesta en operación del proyecto se presentan a continuación:

Tabla. Velocidad de operación con proyecto. (kms/hr)

Nomenclatura	Velocidad promedio (kms/hr)
<b>Autos (A)</b>	50
<b>Autobuses (B)</b>	40
<b>Camiones unitarios y articulados (C)</b>	30

Fuente: Elaboración propia.

### Tiempos de recorrido

Los tiempos de recorrido estimados con la puesta en operación del proyecto se presentan a continuación:

Tabla. Tiempos de recorrido por tipo de vehículo en situación con proyecto.

Tipo de Vehículo	Tiempos de recorrido (mins)
<b>Autos (A)</b>	2.28
<b>Autobuses (B)</b>	2.85
<b>Camiones unitarios y articulados (C)</b>	3.80

Fuente: Elaboración propia.

## Nivel de servicio

Como se puede observar, en el año 1 se tendrá una afluencia vehicular (Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 2,204 vehículos con un nivel de servicio tipo A, el cual se mantendrá por 15 años, reflejando una evolución del TDPA a 5,976 vehículos en el transcurso de la vida útil del proyecto de 30 años con un nivel de servicio tipo B.

El nivel de servicio proyectado a lo largo del horizonte de evaluación se presenta a continuación:

Tabla. Nivel de servicio situación con proyecto.

H.E.	TDPA	Nivel de Servicio Con Proyecto
0	2,129	A
1	2,204	A
2	2,281	A
3	2,360	A
4	2,443	A
5	2,529	A
6	2,617	A
7	2,709	A
8	2,803	A
9	2,902	A
10	3,003	A
11	3,108	A
12	3,217	A
13	3,330	A
14	3,446	A
15	3,567	B
16	3,692	B
17	3,821	B
18	3,955	B
19	4,093	B
20	4,236	B
21	4,385	B
22	4,538	B
23	4,697	B
24	4,861	B



H.E.	TDPA	Nivel de Servicio Con Proyecto
25	5,031	B
26	5,207	B
27	5,390	B
28	5,578	B
29	5,774	B
30	5,976	B

Fuente: Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala.

### Costos Generalizados de Viaje

Enseguida se presenta la proyección de los CGV con el impacto del proyecto. La proyección del CGV expresado en \$/veh/km se presenta en la siguiente tabla.

Tabla. Costo Generalizado de Viaje en la Situación con Proyecto

Costos Generalizado de viaje (\$/km/veh)			
AÑO	A	B	C
0	14.16		54.88
1	6.32		26.05
2	6.32		26.05
3	6.32		26.05
4	6.32		26.05
5	6.42		26.52
6	6.42		26.52
7	6.42		26.52
8	6.42		26.52
9	6.42		26.52
10	6.42		26.52
11	6.42		26.52
12	6.42		26.52
13	6.53		27.01
14	6.53		27.01
15	6.53		27.01
16	6.53		27.01
17	6.53		27.01
18	6.53		27.01
19	6.64		27.51
20	6.64		27.51
21	6.64		27.51

<b>22</b>	6.64		27.51
<b>23</b>	6.64		27.51
<b>24</b>	6.75		28.03
<b>25</b>	6.75		28.03
<b>26</b>	6.75		28.03
<b>27</b>	6.75		28.03
<b>28</b>	6.75		28.03
<b>29</b>	6.87		28.56
<b>30</b>	6.87		28.56

**Nota:** El año 2018 corresponde al periodo de inversión, por tanto, disminuyen las velocidades e incrementa el CGV. **Fuente:** Elaboración propia

## V. Evaluación del PPI

### a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Los costos identificados para este proyecto se dividen en costos de inversión, molestias y mantenimiento.

#### *Costos de inversión*

El proyecto “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia” contempla una inversión de 57,991,368.99 (cincuenta y siete millones, novecientos noventa y un mil pesos, trescientos sesenta y ocho pesos 99/100 M.N) con el Impuesto al Valor Agregado incluido, el cual incluye los siguientes rubros:

Tabla Monto de inversión (Principales componentes del proyecto).

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Importe S/IVA	IMPORTE C/IVA
<b>CAMINO (TRONCAL)</b>					
TRABAJOS PRELIMINARES	m3	3,412.97	283.14	962,951.86	1,117,024.16
TERRACERIAS	m3	14,814.58	76.02	11,262,300.86	13,064,269.00
DRENAJE SANITARIO	ml	1,946.30	54.78	1,065,968.38	1,236,523.32
DRENAJE PLUVIAL	ml	3,145.00	547.69	1,722,483.97	1,998,081.40
ALCANTARILLA	m3	166.34	322.26	535,062.72	620,672.76
INSTALACIONES (ALUMBRADO)	pieza	49.00	37,545.12	1,839,710.91	2,134,064.66
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	ml	9,940.65	7.16	71,127.07	82,507.40
SEÑALAMIENTO VERTICAL	pieza	2,516.00	759.82	1,911,704.52	2,217,577.24
SEÑALAMIENTO DE PROTECCIÓN DE OBRA	pieza	536.00	75.98	407,262.97	472,425.04
PAVIMENTO ASFÁLTICO	m3	7,735.78	881.56	6,819,556.89	7,910,685.99
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA BRIONES</b>	pieza	1.00	4,076,928.66	4,076,928.66	4,729,237.24
<b>PUENTE SOBRE BARRANCA SECA</b>	pieza	1.00	13,259,533.36	13,259,533.36	15,381,058.70
<b>ENTRONQUE CARRETERO A NIVEL</b>	pieza	1.00	5,508,049.16	5,508,049.16	6,389,337.02
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$49,442,641.32</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 7,910,822.61</b>
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$57,353,463.93</b>
				<b>Cuota al millar</b>	<b>\$ 57,991.37</b>
				<b>Gastos de Administración</b>	<b>\$ 579,913.69</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$57,991,368.99</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda de Tlaxcala. Los montos pueden variar por los decimales considerados. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo.

### **Costos por molestias**

Estos costos se ven reflejados en la disminución de la velocidad promedio de circulación en los vehículos que transitan por la zona donde se están realizando las obras, para los usuarios esto se traduce en mayores COV y TR.

Durante la construcción del proyecto se estima que habrá una afectación en la velocidad de operación, la cual es equivalente a 1.75 millones de pesos.

### **Costos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento corresponden a las erogaciones que deben realizarse para lograr que el sistema seleccionado se mantenga en los niveles establecidos para satisfacer la demanda definida en el proyecto. Para el proyecto, se consideran los siguientes costos de mantenimiento y conservación:

**Rutinaria:** se refiere a los trabajos que se realizan de manera continua durante todos los años para seguridad de los usuarios, y funcionalidad hidráulica de la carretera. Algunos ejemplos son el bacheo aislado, la limpieza y desazolve de cunetas, chapeo del derecho de vía, limpieza y reposición de señales, repintado de marcas de pavimento, y limpieza de alcantarillas.

**Periódica:** se entiende como las acciones planeadas y previstas en el diseño cada determinado tiempo, con el objetivo de proteger la estructura del pavimento, o rescatar la calidad de rodadura. Acciones típicas son los tratamientos superficiales, como es el caso del riego de sello.

**Sobrecarpeta:** es necesaria cuando la estructura de pavimento requiere un refuerzo mediante la colocación de una nueva capa de carpeta asfáltica.

**Reconstrucción:** como su nombre lo indica, implica volver a construir parcial o totalmente la sección estructural del pavimento, a fin de que cuente con la capacidad estructural adecuada para resistir el tránsito por acumularse, sin que existan modificaciones geométricas en la sección transversal.

Los costos por kilómetro por carril y la periodicidad es la siguiente:

Tabla, Costos de mantenimiento base.

Concepto	Costo por km por carril (pesos)	Periodicidad
Rutinaria	30,000	anual

Periódica	145,000	c/5 años
Sobrecarpeta	800,000	c/10 años
Reconstrucción	2,200,000	c/15 años

Fuente: Elaboración propia.

La comparativa entre los costos de mantenimiento en situación sin y con proyecto se presenta a continuación:

Tabla. Comparativo de costos de mantenimiento sin y con proyecto (miles de pesos).

H.E.	Sin proyecto	Con proyecto	Costo atribuible al proyectos
0	57.0	125.4	68.4
1	57.0	125.4	68.4
2	57.0	125.4	68.4
3	57.0	125.4	68.4
4	57.0	125.4	68.4
5	275.5	606.1	330.6
6	57.0	125.4	68.4
7	57.0	125.4	68.4
8	57.0	125.4	68.4
9	57.0	125.4	68.4
10	1,520.0	3,344.0	1,824.0
11	57.0	125.4	68.4
12	57.0	125.4	68.4
13	57.0	125.4	68.4
14	57.0	125.4	68.4
15	4,180.0	9,196.0	5,016.0
16	57.0	125.4	68.4
17	57.0	125.4	68.4
18	57.0	125.4	68.4
19	57.0	125.4	68.4
20	1,520.0	3,344.0	1,824.0
21	57.0	125.4	68.4
22	57.0	125.4	68.4
23	57.0	125.4	68.4
24	57.0	125.4	68.4
25	275.5	606.1	330.6

H.E.	Sin proyecto	Con proyecto	Costo atribuible al proyectos
26	57.0	125.4	68.4
27	57.0	125.4	68.4
28	57.0	125.4	68.4
29	57.0	125.4	68.4
30	4,180.0	9,196.0	5,016.0

Fuente: Elaboración propia.

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

Con base en la metodología<sup>5</sup> para este tipo de proyectos, se tiene que el principal beneficio cuantificable lo constituiría la disminución de los Costos Generalizados de Viaje (CGV) de los vehículos que en la situación sin proyecto transitan por la carretera y que en la situación con proyecto seguirán utilizando esta vía. Lo anterior, como resultado de la mejora en las condiciones de rodamiento, pues las velocidades de circulación aumentarían y los tiempos de recorrido disminuirían.

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

El segundo insumo importante es el valor económico del tiempo de los usuarios. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla:

Tabla. Parámetros para configuración Valor del Tiempo, 2018.

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	52.01	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	31.20	\$/hr
% de viajeros por motivo de trabajo	65.2%	%
Número de pasajeros auto (A)	2.32	pas/veh

<sup>5</sup> CEPEP, Metodología General para la Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2015.

<b>Número de pasajeros autobús (B)</b>	20.49	pas/veh
<b>Número de pasajeros camión articulado (C)</b>	1.00	pas/veh
<b>Toneladas promedio</b>	19.37	ton/veh
<b>Tasa de Descuento</b>	10%	%

Fuente: Elaboración propia con datos del IMT.

- a) **Ahorros en COV:** Realizando la comparativa entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto para cada tipo de vehículo, se obtiene el total de ahorros en COV:

Tabla. Beneficios por ahorros en COV (miles de pesos sin IVA)

<b>Año</b>	<b>COV sin proyecto</b>	<b>COV con proyecto</b>	<b>Beneficio por ahorro en COV</b>
0	9,154.2	10,580.8	(1,426.5)
1	9,474.6	6,521.7	2,952.9
2	9,806.2	6,750.0	3,056.3
3	10,149.5	6,986.2	3,163.2
4	10,504.7	7,230.7	3,274.0
5	10,872.4	7,543.1	3,329.2
6	11,252.9	7,807.1	3,445.8
7	11,646.7	8,080.4	3,566.4
8	12,054.4	8,363.2	3,691.2
9	12,476.3	8,655.9	3,820.4
10	12,912.9	8,958.9	3,954.1
11	13,364.9	9,272.4	4,092.5
12	13,832.7	9,596.9	4,235.7
13	14,316.8	10,010.9	4,305.9
14	14,817.9	10,361.3	4,456.6
15	15,336.5	10,724.0	4,612.6
16	15,873.3	11,099.3	4,774.0
17	16,428.9	11,487.8	4,941.1
18	17,003.9	11,889.8	5,114.0
19	17,599.0	12,402.0	5,197.0
20	18,215.0	12,836.0	5,378.9
21	18,852.5	13,285.3	5,567.2
22	19,512.3	13,750.3	5,762.1



Año	COV sin proyecto	COV con proyecto	Beneficio por ahorro en COV
23	20,195.3	14,231.5	5,963.7
24	20,902.1	14,843.7	6,058.5
25	21,633.7	15,363.2	6,270.5
26	22,390.9	15,900.9	6,490.0
27	23,174.5	16,457.4	6,717.1
28	23,985.7	17,033.4	6,952.2
29	24,825.2	17,765.0	7,060.1
30	9,154.2	18,386.8	7,307.3

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto.

**b) Ahorros en tiempos de recorrido (TR):** El valor del tiempo utilizado es el publicado en el Boletín Notas 170 Artículo 1, Enero – febrero 2018, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), en el cual establece que el valor del tiempo actualizado al 2018 es de \$ 52.01 para viajes por motivo de trabajo y \$ 31.20 para los viajes por placer. Adicionalmente se considera que según información de la SCT sobre encuestas de origen – destino, el 65.2% de los viajes realizados son por motivo de trabajo y el 34.8% por motivo placer, tanto para automóviles como autobuses.

Conforme a lo esperado con la ejecución del proyecto, en la siguiente tabla se observa la cuantificación de los ahorros en TR para la situación sin proyecto y con proyecto para autos por periodo con y sin congestión.

Tabla. Beneficios por ahorros en Tiempos de Recorrido (miles de pesos sin IVA).

Año	TR sin proyecto	TR con proyecto	Beneficio por ahorro en TR
0	10,601.0	10,785.2	(184.2)
1	11,162.7	3,386.9	7,775.8
2	11,553.4	3,505.5	8,047.9
3	11,957.8	3,628.2	8,329.6
4	12,376.3	3,755.2	8,621.1
5	12,809.4	4,018.0	8,791.4
6	13,257.8	4,158.7	9,099.1
7	13,721.8	4,304.2	9,417.6
8	14,202.1	4,454.9	9,747.2
9	14,699.1	4,610.8	10,088.4
10	15,213.6	4,772.1	10,441.5

Año	TR sin proyecto	TR con proyecto	Beneficio por ahorro en TR
11	15,746.1	4,939.2	10,806.9
12	16,297.2	5,112.0	11,185.1
13	16,867.6	5,469.9	11,397.7
14	17,458.0	5,661.3	11,796.6
15	18,069.0	5,859.5	12,209.5
16	18,701.4	6,064.6	12,636.8
17	19,356.0	6,276.8	13,079.1
18	20,033.4	6,496.5	13,536.9
19	20,734.6	6,951.3	13,783.3
20	21,460.3	7,194.6	14,265.7
21	22,211.4	7,446.4	14,765.0
22	22,988.8	7,707.0	15,281.8
23	23,793.4	7,976.7	15,816.7
24	24,626.2	8,535.1	16,091.1
25	25,488.1	8,833.8	16,654.3
26	26,380.2	9,143.0	17,237.2
27	27,303.5	9,463.0	17,840.5
28	28,259.1	9,794.2	18,464.9
29	29,248.2	10,479.8	18,768.3
30	30,271.9	10,846.6	19,425.2

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio.

### c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Una vez identificados, cuantificados y valorados los costos y beneficios del proyecto, se obtuvieron los indicadores de rentabilidad, considerando un horizonte de evaluación de 6 años y la tasa social de descuento del 10% anual<sup>6</sup>.

Tabla. Indicadores de rentabilidad

AÑO	INVERSIÓN Y COSTOS DE MANTENIMIENTO	COSTOS POR MOLESTIAS	AHORROS en CGV	BENEFICIOS NETOS
0	(49,992.6)	(1,747.5)		(51,740)
1	(68.4)		10,728.7	10,660.27
2	(68.4)		11,104.2	11,035.77

<sup>6</sup> Para mayor detalle ver Anexo. Memoria de Cálculo.

AÑO	INVERSIÓN Y COSTOS DE MANTENIMIENTO	COSTOS POR MOLESTIAS	AHORROS en CGV	BENEFICIOS NETOS
3	(68.4)		11,492.8	11,424.42
4	(68.4)		11,895.1	11,826.67
5	(330.6)		12,120.7	11,790.06
6	(68.4)		12,544.9	12,476.49
7	(68.4)		12,984.0	12,915.56
8	(68.4)		13,438.4	13,370.00
9	(68.4)		13,908.7	13,840.34
10	(1,824.0)		14,395.5	12,571.55
11	(68.4)		14,899.4	14,830.99
12	(68.4)		15,420.9	15,352.47
13	(68.4)		15,703.6	15,635.19
14	(68.4)		16,253.2	16,184.82
15	(68.4)		18,650.9	18,582.54
16	(68.4)		18,980.4	18,911.96
17	(1,824.0)		19,644.7	17,820.67
18	(68.4)		20,332.2	20,263.83
19	(68.4)		21,043.9	20,975.46
20	(68.4)		21,780.4	21,712.00
21	(68.4)		22,149.5	22,081.12
22	(330.6)		22,924.8	22,594.16
23	(68.4)		23,727.1	23,658.72
24	(68.4)		24,557.6	24,489.17
25	(68.4)		25,417.1	25,348.69
26	(68.4)		25,828.5	25,760.09
27	(5,016.0)		26,732.5	21,716.48
28	(49,992.6)			(51,740)
29	(68.4)		10,728.7	10,660.27
30	(68.4)		11,104.2	11,035.77

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio.

Como resultado de los flujos obtenidos para el proyecto, a continuación, se presentan los indicadores de rentabilidad:

Tabla. Indicadores de Rentabilidad

Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	80,340,102.43 pesos
Tasa interna de retorno (TIR)	23.60 %
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	21.32 %

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio.

## d) Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del Proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad con respecto al monto de la inversión, a los costos de mantenimiento y a la demanda ante variaciones de  $\pm 40\%$ .

A continuación, se presentan los resultados de la sensibilidad, así como el impacto en los indicadores de rentabilidad.

Tabla. Impacto ante variaciones en la inversión (miles de pesos).

Factor de sensibilidad	VPN	TIR	TRI
1.4	59,644.06	17.50%	15.23%
1.3	64,818.07	18.69%	16.40%
1.2	69,992.08	20.07%	17.77%
1.1	75,166.09	21.68%	19.39%
<b>1</b>	<b>80,340.10</b>	<b>23.60%</b>	<b>21.32%</b>
0.9	85,514.11	25.93%	23.69%
0.8	90,688.12	28.83%	26.65%
0.7	95,862.13	32.54%	30.46%
0.6	101,036.14	37.47%	35.54%

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio.

Tabla. Impacto ante variaciones en los costos de mantenimiento (miles de pesos).

Factor de sensibilidad	VPN	TIR	TRI
1.4	79,045.07	23.46%	21.27%
1.3	79,368.83	23.50%	21.28%
1.2	79,692.59	23.53%	21.30%
1.1	80,016.34	23.57%	21.31%
<b>1</b>	<b>80,340.10</b>	<b>23.60%</b>	<b>21.32%</b>
0.9	80,663.86	23.63%	21.34%
0.8	80,987.62	23.67%	21.35%
0.7	81,311.38	23.70%	21.36%
0.6	81,635.13	23.74%	21.38%

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio.

Las tablas anteriores nos reflejan que el proyecto continúa siendo rentable ante variaciones en los costos de inversión o de mantenimiento importantes.

Tabla. Impacto ante variaciones en la demanda (miles de pesos).

Factor de sensibilidad	VPN	TIR	TRI
1.4	134,467.22	32.05%	29.91%
1.3	120,935.44	29.95%	27.76%
1.2	107,403.66	27.84%	25.62%
1.1	93,871.88	25.73%	23.47%
<b>1</b>	<b>80,340.10</b>	<b>23.60%</b>	<b>21.32%</b>
0.9	66,808.32	21.45%	19.18%
0.8	53,276.55	19.28%	17.03%
0.7	39,744.77	17.06%	14.89%
0.6	26,212.99	14.78%	12.74%

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio.

Los resultados en la sensibilidad del proyecto ante disminuciones de la demanda nos indican que en caso de contar con una disminución del 40% en el TDPA estimado, el proyecto puede resultar menos atractivo, sin embargo, esta situación no es viable derivado de las altas tasas de crecimiento que se observan en la zona de estudio.

## e) Análisis de riesgos

Los riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto son los siguientes:

Tabla Riesgos asociados al proyecto.

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de Mitigación
Incremento en el monto de inversión	Un incremento en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Bajo	Establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo variaciones en costos y definir medidas correctivas
Problemas sociales en la zona.	Posibilidad de retraso en las obras	Bajo	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con la comunidad a una persona con experiencia.
Obtención de los recursos en tiempo	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Medio	Seguimiento puntual con las dependencias involucradas.
Riesgo en los procesos de licitación	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	Implementar mecanismos de control y transparencia.

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de Mitigación
Efectos hidrometeorológicos atípicos durante la construcción del proyecto.	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	El calendario de ejecución contempla los periodos de lluvias.

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio

## VI. Conclusiones y Recomendaciones

Realizando la evaluación socioeconómica del proyecto “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia”, se evalúa positivamente conforme a los siguientes resultados:

- El Valor Actual Neto Social que genera el proyecto es de 80.34 millones de pesos, cifra que representa la rentabilidad social positiva del proyecto.
- Tiene una Tasa Interna de Retorno de 23.60% que es mayor a la Tasa Social de Descuento.
- Se observa que el proyecto tiene una Tasa de Rentabilidad Inmediata Social de 21.32% que es mayor a la Tasa de Descuento Social. Esto demuestra que los años propuestos para la instalación y puesta en marcha del proyecto son idóneos en términos de rentabilidad social.

Se recomienda que se lleve a cabo el proyecto de “Modernización de la vialidad de conexión de la Autopista Puebla – Tlaxcala, E.C. Zacatelco – Guardia”, ya que se tendrían beneficios sociales a un menor costo y se coadyuvaría en la solución de la problemática que actualmente se presenta.



## VII. Bibliografía

- Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018. México.
- Instituto Mexicano del Transporte. (2018). Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México 2018. Sanfandila, Pedro Escobedo: Boletín de Notas 170, enero - febrero 2018.
- Instituto Mexicano del Transporte. (2016) Costos de Operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2016. Sanfandila, Pedro Escobedo: Publicación técnica 471, 2016.
- Sapag, N. (1993). Criterios de Evaluación de Proyectos. Madrid: Mc Graw Hill.
- SHCP. (2013). LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos. México.

## Responsables de la Información

**Ramo:**

**Entidad:**

**Área Responsable:**

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha

Versión	Fecha

\*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.