

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

**“PRIMERA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL
BOULEVARD EN LA TERMINAL ZINACANTEPEC
DEL TREN INTERURBANO MÉXICO – TOLUCA, EN
EL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE
MÉXICO”**

I. Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

El objetivo del proyecto es disminuir los tiempos de traslado a nivel local y municipal entre la carretera Toluca – Ciudad Altamirano (también conocida como Av. del Pacifico) y la vialidad Solidaridad las Torres (en la zona donde actualmente se comunican estas dos vialidades por la avenida Jesús Reyes Heroles, continuando por José María Herendia), lo anterior permitirá viajes ininterrumpidos entre estas dos vialidades, aumentara la velocidad de operación, así como el nivel de servicio de la avenida Jesús Reyes Heroles – Jesús María Hernedia (al quitarle tránsito por la construcción de la vialidad de proyecto, la cual se construirá del lado poniente de esta y paralela a ella), disminuir los índices de contaminación y accidentes en la zona; así como reducir los costos de operación vehicular.

Problemática Identificada

No se cuenta con una vialidad con las características geométricas adecuadas para realizar los traslados a nivel local y municipal, en el tramo de carretera Toluca – Ciudad Altamirano a vialidad Solidaridad las Torres (terminal del tren interurbano), por lo que este traslado se realiza por la Av. Jesús Reyes Heroles - José María Herendia, la cual en un tramo solo cuenta con un carril por sentido de circulación y sin acotamientos, asimismo, estas vialidades presenta deterioros graves de su superficie de rodamiento, dichas condiciones generan Costos Generalizados de Viajes (CGV) relativamente altos (tiempos excesivos en el traslado de las personas y altos costos de operación vehicular), por estas razones, la construcción del BOULEVARD EN LA TERMINAL ZINACANTEPEC DEL TREN INTERURBANO MÉXICO – TOLIUCA es una actividad esencial.

Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en la construcción de una vialidad tipo Boulevard, con una sección transversal de 9.00 m, compuesta por un carril por sentido de circulación de 3.50 m y banquetas de 1.00 m, con una longitud total de 4.2579 km

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, con un año de construcción y un periodo de operación de 30 años.

Descripción de los principales costos del PPI

Se estima un costo de inversión del proyecto por \$ 84,475,700.30 pesos de 2022 sin IVA.

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con la construcción del Boulevard mencionado, se permitirá mejorar las condiciones de circulación del tránsito de largo itinerario, aumentará el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación de mejores características que eleve la seguridad y permita hacer más eficiente el transporte de mercancías y personas. La puesta en operación de esta obra permitirá mejorar la movilidad de los viajeros a través de la vialidad mencionada y fomentara una mejor conectividad entre las localidades aledañas, asimismo se tienen los siguientes beneficios:

- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.
- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los tiempos de recorrido y costos de operación.
- Garantizar el flujo libre y seguro de los vehículos que circularan por esta vía.
- Disminución de los niveles de contaminación auditiva y del aire.
- Se mejorara la interconexión en las carreteras estatales y federales del área de influencia del proyecto.

Monto de Inversión con IVA

\$ 97,991,812.35

Riesgos Asociados al PPI

Dentro de los riesgos principales a tenerse en cuenta en cualquiera de los esquemas financieros que se diseñen están los siguientes:

- Falta de autorización de permisos para la construcción.

Análisis Costo - Beneficio

- Sobrecostos asociados a la construcción, rehabilitación y conservación.
- Sobrecostos de operación y mantenimiento del proyecto.
- Riesgo de que el proyecto no sea rentable si la demanda es mayor a la esperada.
- Incremento sensible en el monto de inversión.

Indicadores de rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)

763.18 millones de pesos

Tasa Interna de Retorno (TIR)

67.5 %

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

82 %

Conclusión

Conclusión del análisis de PPI

La evaluación del proyecto "PRIMERA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BOULEVARD EN LA TERMINAL ZINACANTEPEC DEL TREN INTERURBANO MÉXICO – TOLUCA, EN EL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO", indica que es una obra de infraestructura rentable. El proyecto, con una longitud total de 4.2579 km, resulta factible desde el punto de vista económico, debido a que presenta ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular en comparación con la inversión requerida. Lo cual se refleja en la rentabilidad del mismo, en donde se ha estimado que el proyecto generará beneficios que el Valor Presente Neto equivale a 763.18 millones de pesos, una TIR de 67.5 por ciento, la cual supera a la Tasa Social de Descuento (10%) y una TRI de 82 por ciento.

El análisis de sensibilidad demuestra que la construcción de la nueva vialidad es un buen proyecto, que soporta incrementos en el costo de inversión por más del 20% y es prácticamente insensible a los incrementos en costos de mantenimiento. El hecho de soportar una disminución de más del 20% de su demanda lo hace aceptable, dado que se mejoraría las condiciones y seguridad de operación para los usuarios. Con la construcción del tramo mencionado se permitirá mejorar las condiciones de circulación del tránsito local y en mayor medida del tránsito de largo

itinerario, se estimulará el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación de mejores características, que eleve la seguridad y permita hacer más eficiente el transporte de mercancías y personas. La puesta en operación de esta obra permitirá mejorar la movilidad de los viajeros a través de la vialidad mencionada y fomentará una mejor conectividad entre las localidades aledañas. Además de ser económicamente rentable, este proyecto también presenta factibilidad técnica. Su registro y aplicación presupuestal cumplen con la factibilidad legal requerida para este tipo de proyectos y su construcción cumple con la normatividad aplicable a este tipo de proyectos. En este contexto, dicha obra cumple y satisface con la estrategia del Plan Nacional de Infraestructura de desarrollar ejes interregionales que mejoren la comunicación entre regiones y la conectividad de la red carretera.

Por lo anterior, se concluye que el proyecto “PRIMERA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BOULEVARD EN LA TERMINAL ZINACANTEPEC DEL TREN INTERURBANO MÉXICO – TOLIUCA, EN EL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO”, es socialmente rentable y que es conveniente su ejecución para el país; asimismo, es técnica, jurídica y ambientalmente viable, sus costos son razonables en comparación con proyectos similares, los beneficios sociales valorados superan a los costos sociales.

II. Situación actual del PPI

a) Diagnóstico de la situación actual

El municipio de Zinacantepec está situado en la porción occidental del valle de Toluca a los 19º 17' 00" de latitud norte y a los 99º 44' 00" de longitud oeste del meridiano de Greenwich; limita al norte, con Almoloya de Juárez; al sur con Texcaltitlán, al este con Toluca y Calimaya; al oeste con Temascaltepec y Amanalco de Becerra y al sureste con Villa Guerrero y Coatepec Harinas.

Posee una superficie de 308.68 kilómetros cuadrados.

ANTECEDENTES

La urbanización del municipio de Zinacantepec y de sus alrededores abarcó cinco periodos enfocados a distintas áreas económicas de la región, a continuación, se hace mención de

estos periodos de urbanización, que terminan en una nueva forma de ciudad: la zona metropolitana.

1. Periodo agrícola.
2. Periodo agrícola e industrial.
3. Periodo industrial.
4. Periodo de consolidación metropolitana.
5. Nueva geografía de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT).

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca comenzó su industrialización en la década de los 60's debido a la instalación de la industria en el corredor Toluca – Lerma, y a partir de los 90's se le consideró como parte fundamental del sector terciario, proceso que generó cambios en las actividades productivas y sociales de la estructura socioeconómica de Toluca principalmente y de los municipios aledaños.

Derivado de este proceso de industrialización se dio un fenómeno de migración de zonas rurales a conjuntos urbanos, puesto que se ofertaron empleos y servicios que se volvieron un aliciente para modificar el estilo de vida de los habitantes, aunado a esto el incremento de actividades comerciales desencadenó una necesidad de los municipios hacia la ciudad central de la ZMVT, en este caso Toluca, para satisfacer en gran medida sus requerimientos cotidianos, lo que ha propiciado una alta generación de viajes en la zona.

Actualmente estamos viviendo la nueva geografía de la ZMVT, que abarca desde el 2000 hasta la fecha. El desarrollo comercial e industrial de Toluca y de los municipios aledaños, como el municipio de Metepec, propiciaron la construcción de nuevas vías de comunicación en las que destacan la Carretera México – Toluca, la Av. Paseo Tollocan (APT) que continúa el trazo de la carretera antes mencionada, y la vialidad Boulevard Solidaridad – Las Torres (BST), las cuales destacan por su afluencia vehicular.

El BST tiene un trazo aproximadamente paralelo a la APT y tiene una sección transversal básica que cuenta con dos cuerpos, cada cuerpo con ancho de corona de 10.5 m, para tres carriles de circulación, con banquetas a ambos lados y faja separadora central de ancho variable.

La vialidad del BST se ha desarrollado por etapas:

- Inicialmente se trataba de la calzada con banquetas en los extremos de ambos límites del derecho de vía y retornos.
- Posteriormente se construyeron enlaces para vueltas izquierdas anticipadas, con cruces a nivel operados con semáforos.
- La modificación más reciente ha sido la construcción de pasos a desnivel, deprimidos, para dar continuidad al tránsito que circula en el BST.

Sin embargo, aún falta interconexión entre BST con la carretera Toluca – Ciudad Altamirano, la cual se ubica al sur de BST y su orientación es paralela a BST, resultando en un flujo vehicular intermitente, los cuales ocasionan mayores tiempos de traslado para los usuarios.

La carretera Toluca – Ciudad Altamirano tiene una sección transversal básica que cuenta con dos cuerpos con ancho de corona de 22 m, con dos carriles por sentido de circulación, camellón central y acotamiento externos.

PROBLEMÁTICA

Como resultado de la urbanización de los municipios del Valle de Toluca, aproximadamente, de los casi un millón de viajes que se realizan en la ZMVT, el 70 % tiene como destino la capital del Estado de México, por tanto, se considera como policéntrica y es la que requiere de mayor infraestructura vial que pueda darle fluidez a la flota vehicular que diariamente recorre sus vialidades.

Se estima que actualmente en la ZMVT, habitan más de 2 millones de personas, lo que representa el 13.1% de la población total del Estado de México, de los cuales la mayor parte de su población se concentra en Toluca, Metepec y Zinacantepec, estos tres municipios aportan el 61.0% del total de la población de esta zona metropolitana. Además, se tiene una tasa de crecimiento medio anual del 1.9% y una densidad media urbana de 64.4 hab/ha.

Como consecuencia del crecimiento poblacional de la zona, la superficie urbana también experimentó un aumento considerable (SEDESOL, 2012), que representa viajes más largos y generan congestión vehicular, además de la contaminación ambiental, auditiva y visual que conlleva.

En la década de 2000 a 2010 el incremento en la flota vehicular fue de 4.6 % (INEGI, 2010), que combinado con el sistema de transporte público poco funcional y deficiente que opera en la zona de Toluca, da como resultado congestión vehicular, altos tiempos de traslado y contaminación.

La movilidad de la ZMVT se encuentra inmersa en diversas problemáticas que han afectado de manera directa la calidad de vida de sus habitantes, ya que se encuentra dentro de las metrópolis más pobladas del país, por tanto, ha representado una prioridad proveer obras y acciones enfocadas a mejorar las condiciones en las que se realizan los millones de viajes efectuados por los habitantes, centrado principalmente en disminuir la congestión vehicular, contaminación asociada al desplazamiento, accidentes viales y pérdidas de tiempo en recorridos, derivados de la situación vial actual.

El no haber considerado la expansión de la ciudad, desembocó en no contar con una infraestructura vial adecuada que cumpla con las exigencias de la urbe metropolitana, cuyos resultados han sido cada vez más notorios a través de externalidades negativas¹ tales como:

- Accidentes de tránsito;
- Enfermedades por contaminación:
 - Cardiovasculares;
 - Respiratorias;
 - Sistema Nervioso.

Dentro de la infraestructura de comunicación terrestre dentro de la ZMVT se contemplan ciertas vías como principales², entre las cuales figuran:

Vialidad	Tipo de vía	Desde	Hasta
Paseo Tollocan (APT)	Regional	Calzada Metepec	Calle Frontera
Boulevard Solidaridad Las Torres (BST)	Regional	Benito Juárez	Calle Frontera

Tabla 1. Principales vialidades en la ZMTV.

Fuente: Elaboración propia.

Se ha observado que la vialidad BST actualmente ha llegado a la saturación, además de presentar condiciones de desgaste en el asfalto. Aunado a lo anterior, los usuarios que transitan en el BST deben lidiar con las congestiones que se producen en las intersecciones semáforizadas que aún existen sobre el BST, los cuales provocan mayor tiempo de recorrido para los usuarios.

Para la conexión entre el BST y la carretera Toluca – Cd. Altamirano actualmente se cuenta con la Av. Jesús Reyes Heróles de 2.31 km y cuenta con 3 carriles por sentido de circulación y faja separadora central y la calle José María Herendia de 1.56 km con solo un carril por sentido de circulación sin acotamientos; asimismo por estas vialidades circulan TDPA total en ambos sentidos de 33,444 y 26,673 vehículos respectivamente (TDPA al año 2022, ver tabla 15).

Al respecto, la vialidad de proyecto aliviara el tránsito sobre la Av. Jesús Reyes Heróles – José María Herendia, razón por la cual es importante la construcción del proyecto

¹ “Infraestructura urbana, factor influyente de la movilidad urbana y por consecuencia impacta en la seguridad vial, y en la salud pública de la ciudad: caso de estudio, Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca”. Hinojosa R. UAEM. 2017.

²https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2016/33/10/f6b64e20dab9751da06acfd7d725294b.pdf

“CONSTRUCCIÓN DEL BOULEVARD EN LA TERMINAL ZINACANTEPEC DEL TREN INTERURBANO MÉXICO – TOLUCA, EN EL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO”.

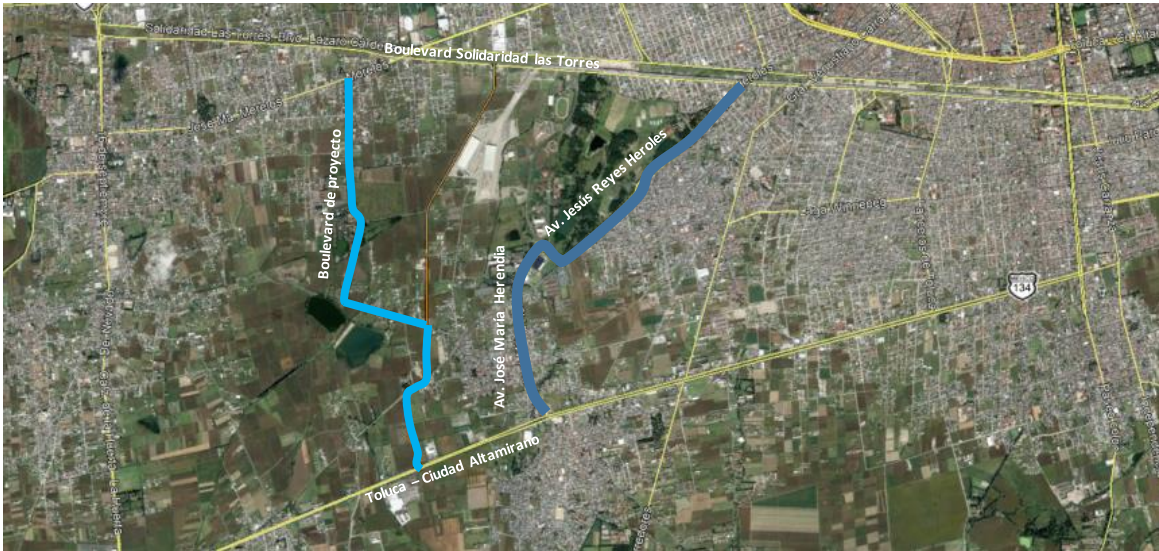


Figura 1. Localización de vialidad de proyecto



Figura 2. Situación actual de la carretera Toluca – Ciudad Altamirano



Figura 3. Situación actual del Boulevard Solidada las Torres



Figura 4. Situación actual de la Av. Jesús Reyes Heróles en el tramo de conflicto.



Figura 5. Situación actual del boulevard de proyecto.

b) Análisis de la Oferta Existente

De acuerdo con el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de proyectos³ se entiende como oferta a:

“La determinación de la oferta actual se refiere a la caracterización de la capacidad de producción, suministro y/o cantidad de bienes o servicios en las condiciones actuales. Para una correcta determinación de la oferta actual, primeramente, es necesario plantear el área de estudio y el área de influencia del PPI en cuestión”. [...]. “Se describen las características físicas y geométricas de la carretera como lo son el tipo de superficie, índice de rugosidad internacional (IRI), número de carriles, pendientes, grados de curvatura y altitud”.

Se analizaron las características físicas y operativas de la red vial de influencia: número de carriles, ancho de carril, tipo de terreno, longitud, estado de la vía y velocidades de operación.

Al respecto del estado de la vía, éste se determinó con base en las recomendaciones del Instituto Mexicano de Transporte (IMT) y la experiencia del consultor, se asoció un Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para las vías actuales de acuerdo con el estado actual del pavimento.

Las siguientes tablas muestran las características actuales de los tramos que componen la zona de estudio considerada.

Tramo 1. Boulevard Solidaridad Las Torres									
Tramos		Longitud (km)	Tipo de carretera	Número de carriles	Ancho de sección (m)	Tipo de terreno	Índice de Rugosidad (IRI)	Velocidad de Operación PROMEDIO (km/h)	Velocidad de Restringida mediante señalamiento (km/h)
Boulevard Solidaridad Las Torres	De la intersección con Av. Morelos hasta la estación del tren interurbano Zinacantepec	2.5	Urbana	6	21.0 (10.5 x cuerpo)	Plano	3.2	30.17	40.00

Tabla 2. Características actuales del BST
Fuente: Elaboración propia.

³ “Guía General para la Presentación de Estudios de Evaluación socioeconómica de programas de inversión: Análisis Costo-Beneficio”, apartado 2.2.2, 2013.

Análisis Costo - Beneficio

Tramo 2. Carretera Toluca – Ciudad Altamirano									
Tramos		Longitud (km)	Tipo de carretera	Número de carriles	Ancho de sección (m)	Tipo de terreno	Índice de Rugosidad (IRI)	Velocidad de Operación PROMEDIO (km/h)	Velocidad de Restringida mediante señalamiento (km/h)
Carretera Toluca – Cd Altamirano	De calle Antiguo Camino a Zinacantepec a Av. Independencia	1.8	Urbana	6	22.0	Plano	3.2	54.37	60.00

Tabla 3. Características actuales de la carretera Toluca – Ciudad Altamirano

Fuente: Elaboración propia.

Tramo 3. Calle en proyecto (situación actual)									
Tramos		Longitud (km)	Tipo de carretera	Número de carriles	Ancho de sección (m)	Tipo de terreno	Índice de Rugosidad (IRI)	Velocidad de Operación Con Congestión (km/h)	Velocidad de Restringida mediante señalamiento (km/h)
Calle de proyecto	De Boulevard Solidaridad las Torres a carretera Toluca – Ciudad Altamirano	4.2579	Urbana	2	Variable	Plano	8.0	10	No aplica

Tabla 4. Características actuales de la vialidad de proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Tramo 4 Y 5. Jesús Reyes Heróles y J M Herendia									
Tramos		Longitud (km)	Tipo de carretera	Número de carriles	Ancho de sección (m)	Tipo de terreno	Índice de Rugosidad (IRI)	Velocidad de Operación Con Congestión (km/h)	Velocidad de Restringida mediante señalamiento (km/h)
Tramo 3 Y 4	De Boulevard Solidaridad las Torres – Tecnológico de Monterrey	2.31	Urbana	6	21.0 (10.5 x cuerpo)	Plano	5.0	30	No aplica
	Tecnológico de Monterrey – Carretera Toluca – Ciudad Altamirano	1.56	Urbana	2	9 m (calzada de 9m y banquetas de 1 m)	Plano	6.0	20	No aplica

Tabla 5. Características actuales de la Avenida Jesús Reyes Heróles y calle JM Herendia

Fuente: Elaboración propia.

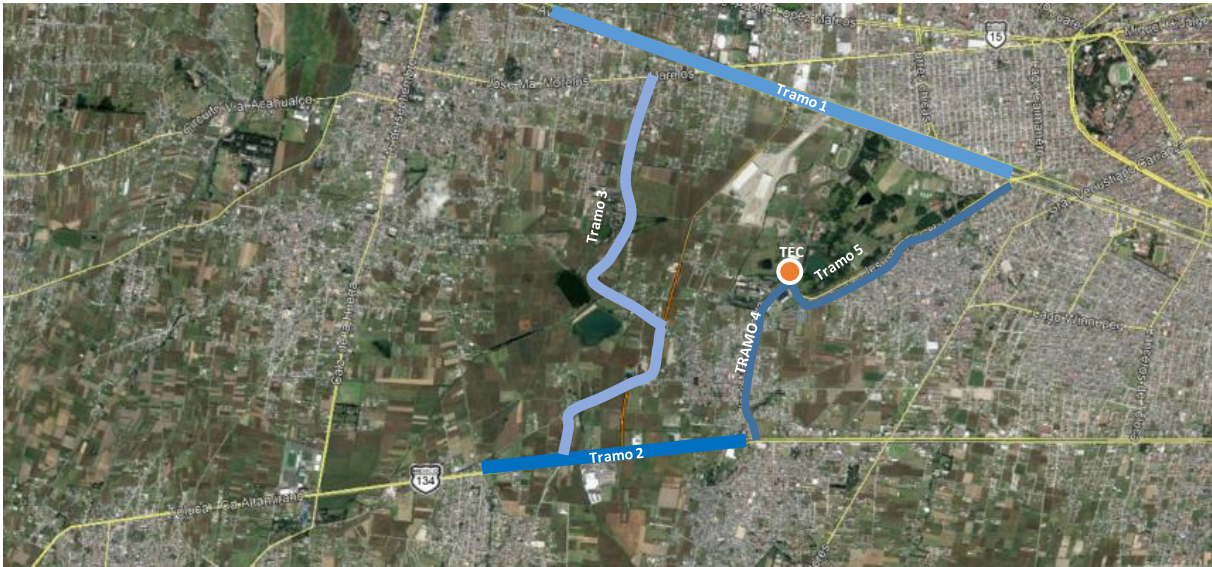


Figura 6. Ubicación de los tramos analizados

En las tablas anteriores se puede observar la velocidad promedio con congestión y restringida de las vialidades que se comunican a través de la avenida Jesús Reyes Heróles – JM Herendia y que la nueva vialidad ayudara a la interconexión entre estas, aliviando el tránsito de la Av. Jesús Reyes Heróles - JM Herendia; asimismo, mejorando el estado físico actual de las avenidas con las optimizaciones propuestas (tramo 1, tramo 4 y tramo 5), no obstante, tanto en la situación actual como en la optimizada, los vehículos operan a velocidades bajas, lo que incrementa considerablemente los Costos Generalizados de Viaje de los usuarios de dichas vialidades.

Adicionalmente, el estado físico de las vialidades es de regular a malo, dado que se presentan baches y grietas de a lo largo de ellas, lo que dificulta la operación de los vehículos que transitan ellas. Por lo anterior, se considera que se presenta un IRI de 3.2 y 8 lo que representa la condición de desgaste las vialidades actuales, situación que impacta directamente en las velocidades de operación y que se traduce en tiempos de recorridos que pueden ser significativamente mayores a que si las vialidades estuvieran en mejor estado, y que, a su vez, inciden directamente en un mayor desgaste de los vehículos.

Para el análisis de todas las situaciones del presente estudio, se analizarán las longitudes que se presentan en la siguiente figura:

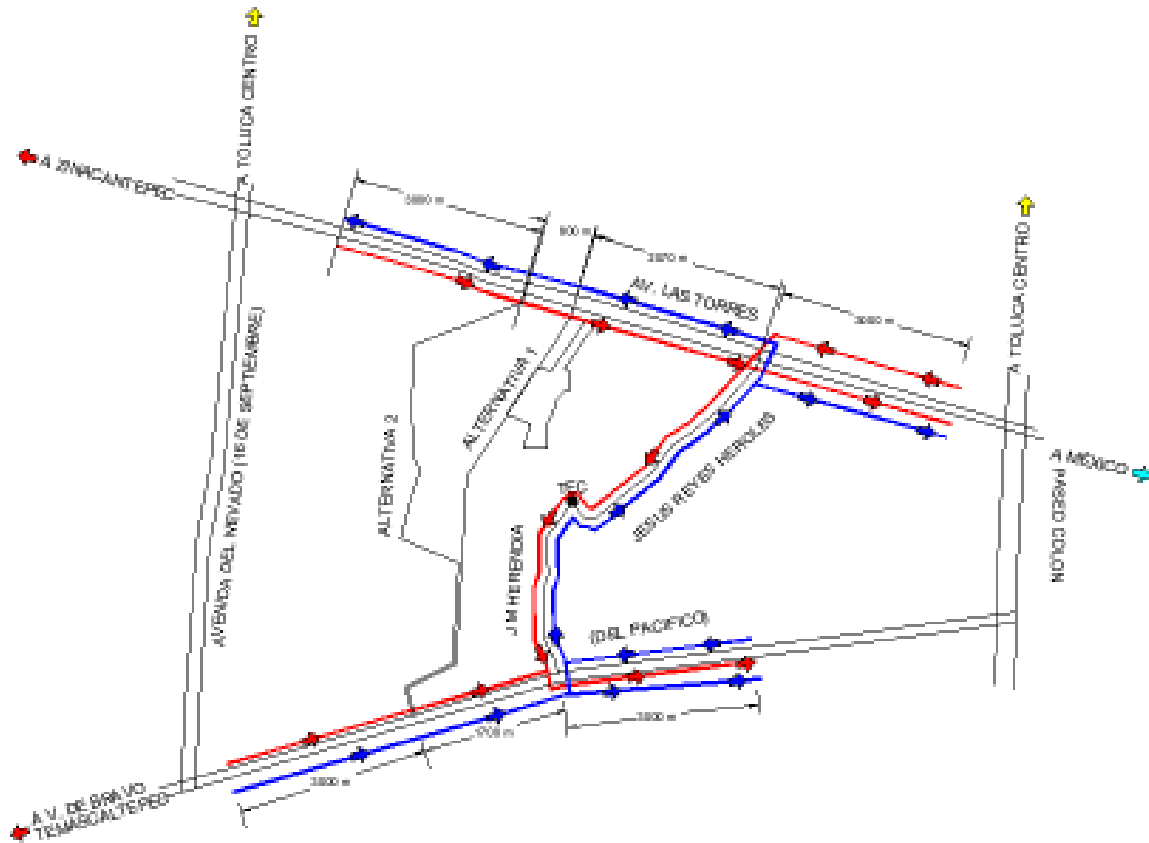


Figura 7. Longitud de los tramos analizados y recorridos actuales

De la figura anterior y de las tablas 3 a la 5, se puede deducir los datos de la siguiente tabla:

ACTUAL			
Vialidad	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Tiempo de recorrido (horas)
Av. Las Torres (Poniente)	5.87	30.17	0.195
Av. Las Torres (Oriente)	3	30.17	0.099
Av. Jesús Reyes Heróles	1.6	30	0.053
Calle J M Herendia	1.5	20	0.075
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Poniente)	4.7	54.34	0.086
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Oriente)	3	54.34	0.055

Tabla 6. Velocidad y tiempos de recorridos actuales

c) Análisis de la Demanda Actual

Para conocer la situación actual de la demanda de las vialidades en la periferia de la vialidad de proyecto, se realizaron los Estudios de Ingeniería de Tránsito en las 8 estaciones de aforo mostradas en la siguiente figura:

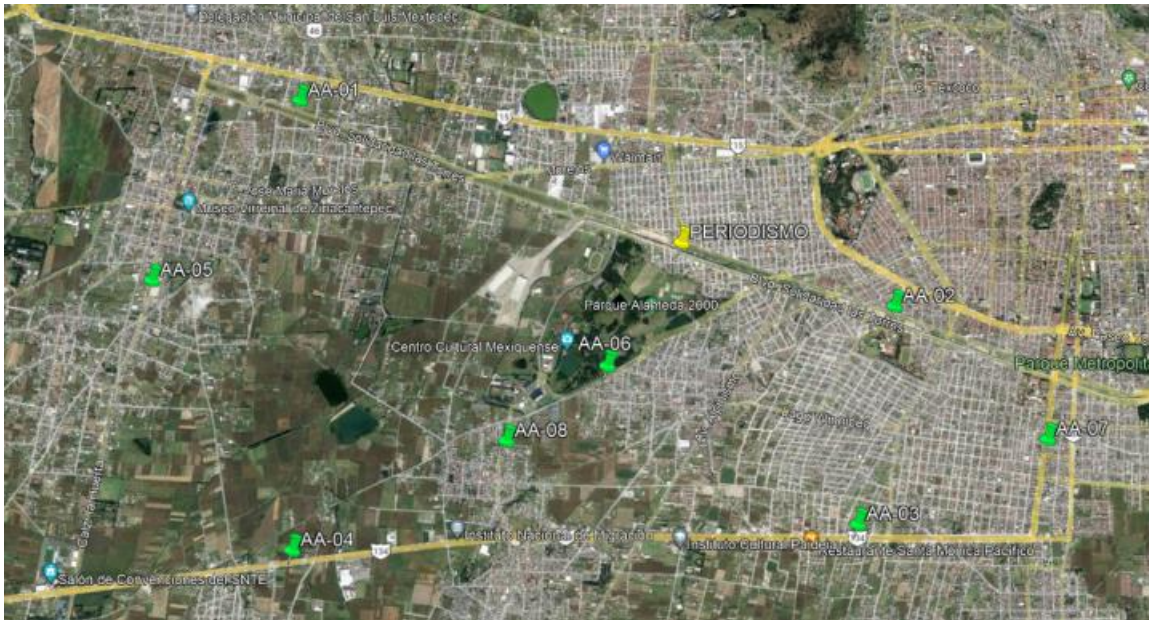


Figura 8. Ubicación General de estaciones de Aforos

El método utilizado por dichos estudios fue el de conteo automático, en el que se utilizan equipos automáticos para registrar continuamente los componentes del flujo de tránsito en un periodo de tiempo establecido. Se utilizó el conteo automático por medio de mangueras para cada vialidad, obteniendo el aforo vehicular de los mismos. El aforo vehicular es el insumo básico del estudio de tránsito.

Para términos del estudio, se hizo el estudio continuo durante la semana del 22 al 28 de septiembre del 2018, esto, con el fin de obtener el Tránsito Diario Promedio Semanal (TDPS). A partir del TDPS, se obtuvo el Tránsito Diario Promedio Anual.



Figura 9. TDPA en Boulevard Solidaridad las Torres (Estación AA-01)



Figura 10. TDPa en Boulevard Solidaridad las Torres (Estación AA-02)



Figura 11. TDPa en la carretera Toluca - Ciudad Altamirano (Estación AA-03)

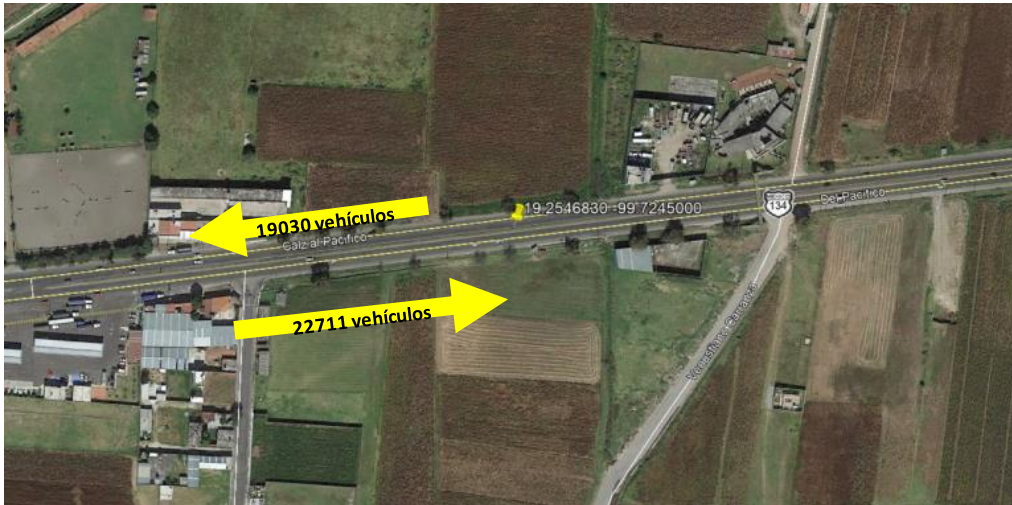


Figura 12. TDPa en la carretera Toluca - Ciudad Altamirano (Estación AA-04)



Figura 13. TDPa en Avenida del Nevado (Estación AA-05)



Figura 14. TDPa en Av. Jesús Reyes Heróles (Estación AA-06)



Figura 15. TDPa en Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza (Estación AA-07)



Figura 16. TDPa en Calle José María Herendía (Estación AA-08)

Estación	Carretera	Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) 2018		
		Sentido 1	Sentido 2	Ambos Sentidos
		Total	Total	Total
AA-01	Av. Las Torres	19,034	15,988	35,022
AA-02	Av. Las Torres	30,362	27,840	58,202
AA-03	Toluca - Cd. Altamirano	28,586	30,773	59,359
AA-04	Toluca - Cd. Altamirano	20,230	22,711	42,941
AA-05	Av. Del Nevado	7,216	6,707	13,923
AA-06	Av. Jesús Reyes Heróles	14,226	14,750	28,976
AA-07	Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza	31,515	26,566	58,081
AA-08	Calle José María Herendia	11,408	11,702	23,110

Tabla 7. Resumen de TDPA obtenidos en las 7 estaciones de aforo
Fuente: Elaboración propia.

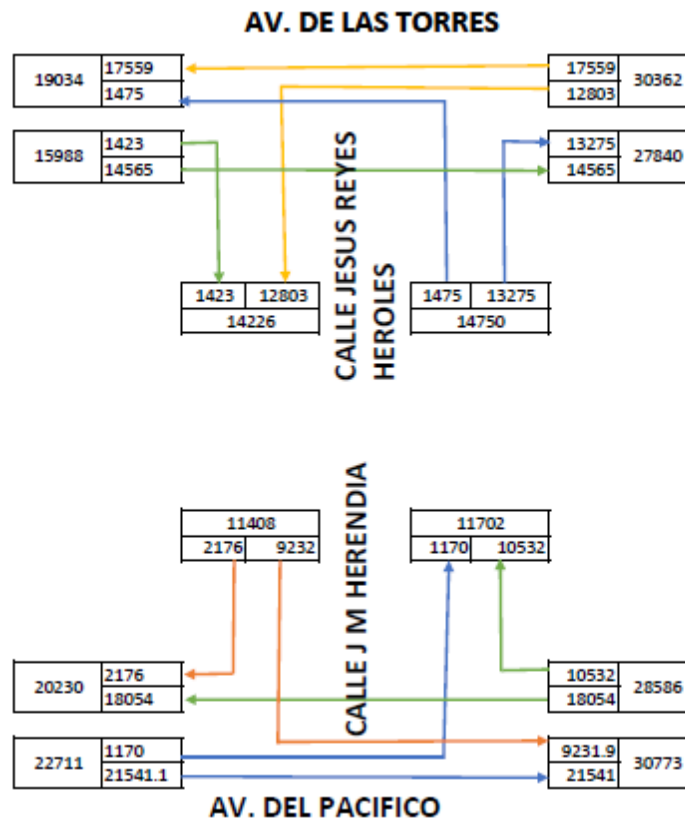


Figura 17. TDPA en las calles en donde se pretende aliviar el tránsito con la construcción de la nueva calle, en el año 2018

Los datos de TDPA anteriormente descritos, fueron obtenidos en el año 2018, por lo que estos datos se deben llevar al año 2021, lo cual se realiza mediante el cálculo de la **Tasa de**

crecimiento del tránsito; para este tema, la Secretaría Infraestructura de Comunicaciones y Transportes (SICT), a través de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), para profundizar en el conocimiento del transporte carretero nacional, incluyen la operación de un sistema de conteo vehicular, que permite conocer anualmente los volúmenes y la clasificación del tránsito que circula por la red Carretera federal, dicha información la presenta en el Libro de Datos Viales a través de la página web de la DGST, cuya dirección es: www.dgst.sct.gob.mx. En las siguientes figuras se observan los datos utilizados para el cálculo de la tasa de crecimiento, dichos datos fueron obtenidos de la página de la DGST.

15 CARR: Toluca - Cd. Altamirano				CLAVE: 00020										RUTA: MEX-134				
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T302	T303	T302A	OTROS	A	B	C	K'	D
T. C. Toluca - Axixtlahuacán	0.00																	
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	1	19015	4.8	90.9	0.5	2.1	0.7	0.7	0.3	0.0	0.0	95.7	0.5	3.8	0.086	0.500
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	2	19004	5.4	90.1	0.5	2.1	0.8	0.7	0.3	0.1	0.0	95.5	0.5	4.0	0.089	0.500
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	11896	3.9	88.6	0.6	4.1	1.3	0.7	0.4	0.3	0.1	92.5	0.6	6.9	0.092	0.515
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	10996	4.0	87.6	0.7	4.8	1.4	0.7	0.4	0.3	0.1	91.6	0.7	7.7	0.083	0.515
T. Izq. Saltepec	18.72	3	0	5918	2.7	84.8	2.0	5.7	1.5	1.6	1.1	0.4	0.2	87.5	2.0	10.5	0.101	0.512

Tabla 8. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2021
Fuente: DGST (SICT)

15 CARR: Toluca - Cd. Altamirano				CLAVE: 00020										RUTA: MEX-134				
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T302	T303	T302A	OTROS	A	B	C	K'	D
T. C. Toluca - Axixtlahuacán	0.00																	
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	1	21331	1.4	92.4	0.4	4.0	0.8	0.5	0.3	0.1	0.1	93.8	0.4	5.8	0.086	0.511
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	2	22260	1.5	91.6	0.5	4.6	0.7	0.5	0.4	0.1	0.1	93.1	0.5	6.4	0.083	0.511
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	14946	0.8	88.3	0.7	5.7	1.1	1.7	1.2	0.1	0.4	89.1	0.7	10.2	0.067	0.512
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	15663	0.8	89.0	0.5	5.8	1.1	1.5	0.9	0.1	0.3	89.8	0.5	9.7	0.072	0.512
T. Izq. Saltepec	18.72	3	0	7444	2.3	88.5	1.0	6.2	0.7	0.7	0.4	0.1	0.1	90.8	1.0	8.2	0.070	0.511
T. Der. Valle de Bravo	52.00	3	0	5388	1.0	82.4	1.5	7.9	1.6	3.4	1.4	0.2	0.6	83.4	1.5	15.1	0.073	0.508

Tabla 9. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2020
Fuente: DGST (SICT)

14 CARR: Toluca - Cd. Altamirano				CLAVE: 00020										RUTA: MEX-134				
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T302	T303	T302A	OTROS	A	B	C	K'	D
T. C. Toluca - Axixtlahuacán	0.00																	
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	1	19967	1.4	92.4	0.4	4.0	0.8	0.5	0.3	0.1	0.1	93.8	0.4	5.8	0.084	0.510
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	2	20359	1.5	91.6	0.5	4.6	0.7	0.5	0.4	0.1	0.1	93.1	0.5	6.4	0.082	0.510
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	15963	0.5	89.5	1.7	5.1	0.7	1.3	1.0	0.0	0.2	90.0	1.7	8.3	0.073	0.500
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	15963	0.6	88.5	1.5	6.2	0.9	1.1	1.0	0.0	0.2	89.1	1.5	9.4	0.078	0.500
T. Izq. Saltepec	18.72	3	0	7532	2.3	81.4	1.9	9.0	1.7	2.2	1.2	0.1	0.2	83.7	1.9	14.4	0.074	0.500

Tabla 10. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2019
Fuente: DGST (SICT)

14 CARR: Toluca - Cd. Altamirano				CLAVE: 00020										RUTA: MEX-134				
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T302	T303	T302A	OTROS	A	B	C	K'	D
T. C. Toluca - Axixtlahuacán	0.00																	
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	1	19186	0.6	88.7	0.4	4.6	0.6	1.4	2.8	0.4	0.5	89.3	0.4	10.3	0.068	0.502
T. Izq. Capulhacán	1.78	3	2	19358	0.6	88.7	0.4	4.6	0.6	1.4	2.8	0.4	0.5	89.3	0.4	10.3	0.079	0.502
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	13664	0.8	88.4	1.9	5.3	0.7	0.9	1.7	0.1	0.2	89.2	1.9	8.9	0.082	0.509
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	14066	0.8	88.1	1.8	5.6	0.8	0.9	1.6	0.1	0.3	88.9	1.8	9.3	0.081	0.509
T. Izq. Saltepec	18.72	3	0	6765	0.5	83.6	1.1	8.8	1.4	2.8	1.4	0.1	0.3	84.1	1.1	14.8	0.082	0.506

Tabla 11. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2018
Fuente: DGST (SICT)

14 CARR: Toluca - Cd. Altamirano CLAVE: 00020 RUTA: MEX-134

L U G A R	E S T A C I O N				C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3E2	T3E3	T3E2M	OTROS	A	B	C	K'	D
T. C. Toluca - Axixtla	0.00																	
T. Izq. Capulitlán	1.78	3	1	17202	0.9	89.2	0.4	4.9	0.8	1.4	1.6	0.3	0.5	90.1	0.4	9.5	0.068	0.506
T. Izq. Capulitlán	1.78	3	2	19997	0.9	88.7	0.4	5.0	0.9	1.5	1.8	0.3	0.5	89.6	0.4	10.0	0.071	0.506
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	12038	0.6	88.7	1.7	5.5	0.8	1.2	1.1	0.1	0.3	89.3	1.7	9.0	0.082	0.500
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	12903	0.6	87.6	1.7	6.2	1.0	1.3	1.2	0.1	0.3	88.2	1.7	10.1	0.088	0.500
T. Izq. Sultepec	18.72	3	0	6723	0.6	85.2	0.9	6.2	1.6	3.5	1.4	0.1	0.5	85.8	0.9	13.3	0.089	0.507

Tabla 12. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2017
Fuente: DGST (SICT)

14 CARR: Toluca - Cd. Altamirano CLAVE: 00020 RUTA: MEX-134

L U G A R	E S T A C I O N				C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3E2	T3E3	T3E2M	OTROS	A	B	C	K'	D
T. Izq. Capulitlán	1.78	3	1	16325	0.0	93.8	0.6	2.5	1.2	0.9	0.3	0.5	0.2	93.8	0.6	5.6	0.068	0.501
T. Izq. Capulitlán	1.78	3	2	18348	0.1	92.9	0.7	3.0	1.1	1.0	0.5	0.5	0.2	93.0	0.7	6.3	0.071	0.501
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	11578	0.6	88.7	1.7	5.5	0.8	1.2	1.1	0.1	0.3	89.3	1.7	9.0	0.082	0.500
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	12032	0.6	87.6	1.7	6.2	1.0	1.3	1.2	0.1	0.3	88.2	1.7	10.1	0.088	0.500
T. Izq. Sultepec	18.72	3	0	6766	0.1	85.8	1.7	6.0	2.7	1.9	1.0	0.5	0.3	85.9	1.7	12.4	0.089	0.507
T. Der. Valle de Bravo	43.00	3	0	4794	0.3	88.7	1.8	4.1	1.3	1.8	1.1	0.6	0.3	88.0	1.8	9.7	0.081	0.506

Tabla 13. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2016
Fuente: DGST (SICT)

14 CARR: Toluca - Cd. Altamirano CLAVE: 00020 RUTA: MEX-134

L U G A R	E S T A C I O N				C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O													
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3E2	T3E3	T3E2M	OTROS	A	B	C	K'	D
T. Izq. Capulitlán	1.78	3	2	14673	0.9	88.7	0.4	5.0	0.9	1.5	1.8	0.3	0.5	89.6	0.4	10.0	0.087	0.506
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	1	11094	0.6	88.7	1.7	5.5	0.8	1.2	1.1	0.1	0.3	89.3	1.7	9.0	0.082	0.500
T. Der. Zinacatepec	10.21	3	2	11085	0.6	87.6	1.7	6.2	1.0	1.3	1.2	0.1	0.3	88.2	1.7	10.1	0.088	0.500
T. Izq. Sultepec	18.72	3	0	6682	0.6	85.2	0.9	6.2	1.6	3.5	1.4	0.1	0.5	85.8	0.9	13.3	0.088	0.507

Tabla 14. TDPA en estación de aforo de la Carretera Toluca – Cd. Altamirano, año 2015
Fuente: DGST (SICT)

Con los datos anteriores y aplicando el método de mínimos cuadrados para calcular la recta de regresión lineal, se obtiene la tasa de crecimiento, esto aplica toda vez que “en la práctica se ha observado que los volúmenes de tránsito futuro, no tienden a ser tan altos y tampoco tienden a ser tan bajos, por lo que la regresión lineal es la que más se ajusta a su tendencia de crecimiento” (Mayor, 2007). Asimismo, para ser representativa la muestra se tomaron siete años de análisis, para que la tasa de crecimiento no fuera negativa.

Análisis Costo - Beneficio

Con información proporcionada por la DGST					
AÑO	N°	TDPA	(N°) ²	(N°)(TDPA)	(TDPA) ²
2015	0	11,094	0	0	123076836
2016	1	11,578	1	11578	134050084
2017	2	12,038	4	24076	144913444
2018	3	16,564	9	49692	274366096
2019	4	15,963	16	63852	254817369
2020	5	14,945	25	74725	223353025
2021	6	11,656	36	69936	135862336
$A_0 = \frac{\sum(TDPA) \sum(N^{o^2}) - \sum(N^o) \sum(N^o TDPA)}{N \sum(N^{o^2}) - (\sum N^o)^2}$					
$A_0 = 12082.75$					
$A_1 = \frac{N \sum(N^o TDPA) - \sum(N^o) \sum(TDPA)}{N \sum(N^{o^2}) - (\sum N^o)^2}$					
$A_1 = 440.89$					
$TDPA_{N^o} = 3282.4 + 610.2 (TPDA_{N^o-1})$					
$tc = \frac{N(A_1)}{[\sum(TDPA) - (A_1) \sum(N^o)]}$					
$tc = 3.65\%$					
Σ	21	93838	91	293859	1290439190

Figura 18. Método de mínimos cuadrados para el cálculo de la tasa de crecimiento

Aplicando la tasa de crecimiento del tránsito del 3.65% a los TDPA obtenidos en 2018, se obtiene al tránsito actual al año 2022 y mediante la fórmula:

$$TF = TA (1+i)^n$$

Donde

TF= Transito Futuro

i= Tasa de crecimiento

n= Año de análisis

Estación	Carretera	Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) 2018			Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) 2022		
		Sentido 1	Sentido 2	Ambos Sentidos	Sentido 1	Sentido 2	Ambos Sentidos
		Total	Total	Total	Total	Total	Total
AA-01	Av. Las Torres	19,034	15,988	35,022	21,969	18,453	40,422
AA-02	Av. Las Torres	30,362	27,840	58,202	35,044	32,133	67,176
AA-03	Toluca - Cd. Altamirano	28,586	30,773	59,359	32,994	35,518	68,512
AA-04	Toluca - Cd. Altamirano	20,230	22,711	42,941	23,349	26,213	49,562
AA-05	Av. Del Nevado	7,216	6,707	13,923	8,329	7,741	16,070
AA-06	Av. Jesús Reyes Heróles	14,226	14,750	28,976	16,420	17,024	33,444
AA-07	Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza	31,515	26,566	58,081	36,374	30,662	67,036
AA-08	Calle José María Herendía	11,408	11,702	23,110	13,167	13,506	26,673

Tabla 15. Transito futuro en las estaciones de aforo analizadas
Fuente: Elaboración propia

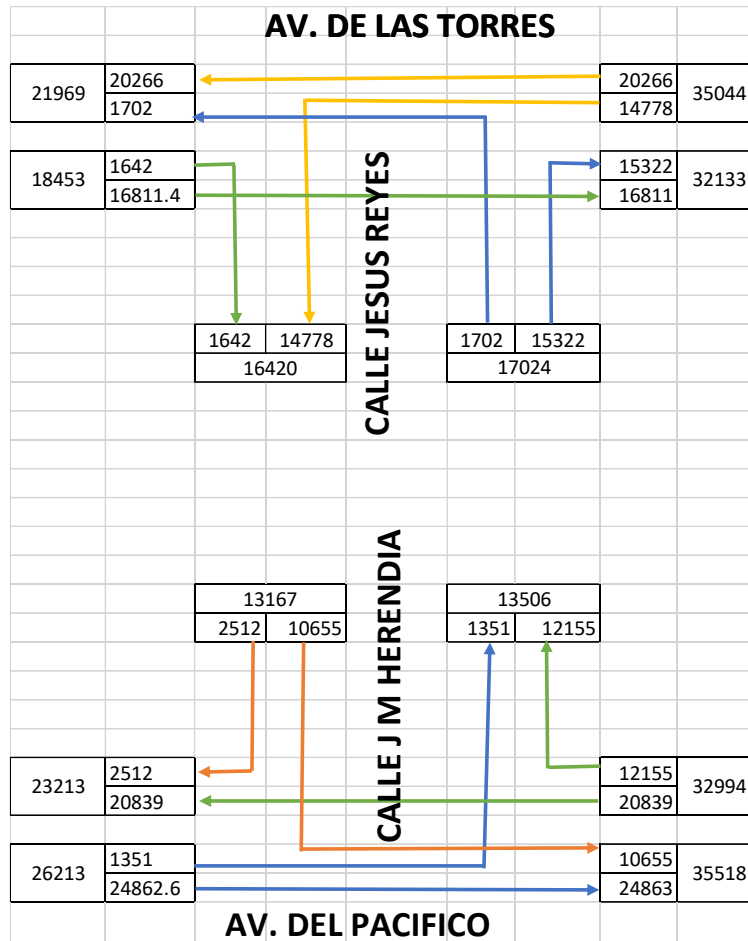


Figura 19. TDPA en las calles en donde se pretende aliviar el tránsito con la construcción de la nueva calle, en el año 2022

Generación y atracción de viajes en la zona de estudio

En la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), de acuerdo a datos del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (SIPAPT), se estima que 2014 se generaron alrededor de un millón de viajes intermunicipales (Ver tabla 16). El acelerado crecimiento poblacional que ha presentado la ZMT hacia sus territorios circundantes, principalmente al norte, noreste y suroeste, permite deducir que la dinámica de movilidad persigue una estructura centralizada en torno al núcleo del municipio de Toluca.

En síntesis, Toluca es el principal municipio generador y atractor de viajes, ya que concentra la mayor cantidad de empleos y a la vez de vivienda periférica. Por la presencia de fuentes de trabajo, el municipio de Toluca atrae más de 650 mil viajes diarios, alrededor de tres cuartas partes de los viajes atraídos por los 22 municipios metropolitanos en su conjunto. Por otro lado, la concentración de vivienda y el fenómeno de expansión urbana por la acelerada construcción de vivienda en el municipio, provocan que en esta demarcación se genere 65% de los viajes metropolitanos.

Nombre Municipio	Generación		Atracción	
	Viajes día	%	Viajes día	%
Almoloya de Juárez	21,840	2%	14,284	2%
Almoloya del Río	990	0%	237	0%
Atizapán	338	0%	513	0%
Calimaya	10,287	1%	9,487	1%
Capulhuac	1,253	0%	101	0%
Chapultepec	2,184	0%	2,584	0%
Xalatlaco	22	0%	111	0%
Lerma	12,809	1%	16,390	2%
Metepec	137,243	15%	112,990	12%
Mexicaltzingo	6,346	1%	4,883	1%
Ocoyoacac	6,002	1%	7,062	1%
Otzolotepec	21,106	2%	15,424	2%
Rayón	146	0%	875	0%
San Antonio la Isla	1,585	0%	228	0%
San Mateo Atenco	36,318	4%	26,755	3%
Temoaya	2,258	0%	1,931	0%
Tenango del Valle	2,228	0%	1,676	0%
Tiangüstenco	4,796	1%	2,404	0%
Toluca	605,275	65%	656,691	70%
Xonacatlán	9,957	1%	6,669	1%
Zinacantepec	51,282	6%	52,971	6%
Total	934,265	100%	934,265	100%

Tabla 16. Estimación de generación y atracción de viajes al día por municipio, 2014

Fuente: (Centro Mario Molina para estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente A.C., 2014)

La caracterización de la demanda permite representar las necesidades de movilidad, los perfiles socioeconómicos y las preferencias de elección de las personas que se desplazan en un área de estudio fija. Con tal objeto, generalmente, se define y obtiene la distribución espacial y temporal de los desplazamientos a través de una matriz origen-destino referida a un periodo determinado del día y hora de máxima demanda para los procesos de diseño de nuevos servicios. En tal sentido el análisis de la movilidad de los usuarios en la ZMT hace referencia a una matriz de viajes en ruta fija de transporte público con un total de 934,000 viajes al día de los cuáles 85 mil son realizados en las horas de máxima demanda (HMD).

La matriz de viajes referida se realizó mediante diferentes estudios de campo, principalmente Encuestas Origen – Destino (EOD), donde sus resultados fueron expandidos con los volúmenes de viaje obtenido a través del estudio de ascenso – descenso del total de las rutas que operan en la red de transporte en la ciudad.

Se integró una matriz a partir de 20,000 EOD realizadas a bordo de las unidades en las 220 rutas de transporte público en un horario comprendido de 6 de la mañana a 8 de la noche. Esto permitió capturar los patrones de movilidad de las personas no solo a lo largo del día sino en todo el recorrido de la ruta, ya que los encuestadores subían y bajaban en el punto

de inicio del derrotero de la ruta estudiada. El nivel de agregación física que se usó para obtener el origen y el destino de las personas fue la Colonia permitiendo tener un mayor nivel de detalle para la determinación de las principales relaciones funcionales. Las encuestas son una muestra de la movilidad total de los usuarios, por lo que se requirió expandir los viajes totales diarios obtenidos del estudio de ascensos – descensos.

A partir de la consulta de la información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público de la Secretaría del Transporte, realizado a bordo de las unidades en horario de las 6 de la mañana a 8 de la noche, se obtuvo el volumen total de demanda del transporte público, así como los principales puntos de ascenso y descenso de los pasajeros. La información corresponde a las 222 rutas registradas, y se cotejó con la EOD para obtener la matriz de viajes de la ZMT, replicando la movilidad de los habitantes en un día hábil entre semana (Tabla 17).

Nombre Municipio	Viajes al Día	Viajes al HMD	Participación porcentual de viajes al día
Almoloya de Juárez	21,840	1,985	2%
Almoloya del Río	990	90	0%
Atizapán	338	31	0%
Calimaya	10,287	935	1%
Capulhuac	1,253	114	0%
Chapultepec	2,184	199	0%
Xalatlaco	22	2	0%
Lerma	12,809	1,164	1%
Metepec	137,243	12,477	15%
Mexicaltzingo	6,346	577	1%
Ocoyoacac	6,002	546	1%
Otzolotepec	21,106	1,919	2%
Rayón	146	13	0%
San Antonio la Isla	1,585	144	0%
San Mateo Atenco	36,318	3,302	4%
Temoaya	2,258	205	0%
Tenango del Valle	2,228	203	0%
Tianguistenco	4,796	436	1%
Toluca	605,275	55,025	65%
Xonacatlán	9,957	905	1%
Zinacantepec	51,282	4,662	6%
Total	934,265	84,934	100%

Tabla 17. Viajes por Municipio en la ZMVT

Fuente: (Centro Mario Molina para estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente A.C., 2014)

La demanda del servicio del transporte público es el deseo de los usuarios o consumidores del servicio para utilizar determinado modo y así satisfacer sus necesidades de

desplazamiento. Su elección estará en función de sus posibilidades y lo que ofrece cada modo de transporte en específico. La relación que guía la elección del modo de transporte es la de ingreso-tarifa, y en segundo lugar se considera la cobertura del modo de transporte, es decir su proximidad con el destino del usuario. Cuando la demanda de los usuarios coincide en un volumen considerado con el mismo origen-destino se dice que existe una línea de deseo. Estas líneas de deseo son una herramienta importante para la planeación del transporte público.

En el estudio del sistema integral de movilidad sustentable para el Valle de Toluca, se identificaron los municipios de Toluca, Metepec y Zinacantepec como los principales atractores de viajes. Por este motivo se describe a continuación, para cada uno de ellos, las líneas de deseo identificadas.

Municipio de origen	Municipio de destino	Viajes al día	Porcentaje
Toluca	Toluca	485 938	52%
Metepec	Toluca	77 263	8%
Toluca	Metepec	48 223	5%
Metepec	Metepec	42 133	5%
Toluca	Zinacantepec	24 399	3%
Zinacantepec	Toluca	24 158	3%
San Mateo Atenco	Toluca	19 607	2%
Otzolotepec	Toluca	16 443	2%
Zinacantepec	Zinacantepec	16 128	2%
Toluca	Almoloya de Juárez	10 453	1%
Almoloya de Juárez	Toluca	10 410	1%
Toluca	Otzolotepec	10 290	1%
Toluca	San Mateo Atenco	9 306	1%
San Mateo Atenco	San Mateo Atenco	7 001	1%
San Mateo Atenco	Metepec	6 867	1%
Almoloya de Juárez	Zinacantepec	6 570	1%
Xonacatlán	Toluca	6 529	1%
Zinacantepec	Metepec	6 185	1%
Lerma	Toluca	5 022	1%
Toluca	Xonacatlán	4 841	1%
Resto de las relaciones		96 499	10%
Total		934 265	100%

Tabla 18. Estimación de generación y atracción de viajes al día por Municipio

Fuente: (Centro Mario Molina para estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente A.C., 2014)

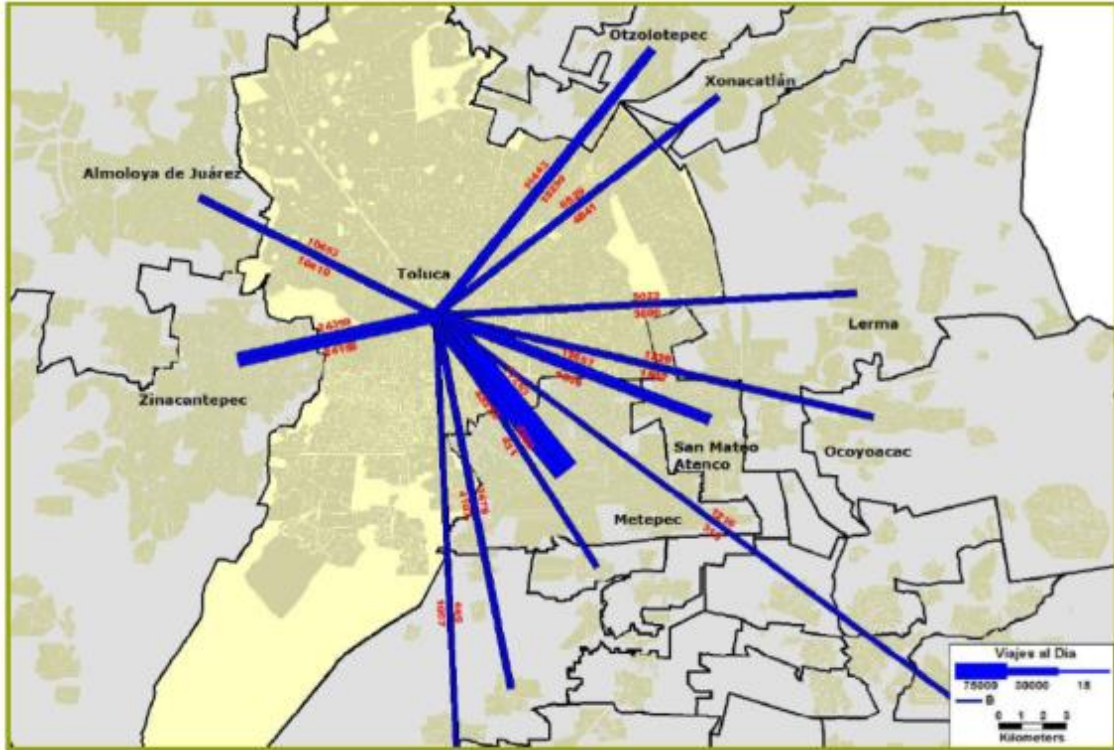


Figura 20. Líneas de deseo del Municipio de Toluca

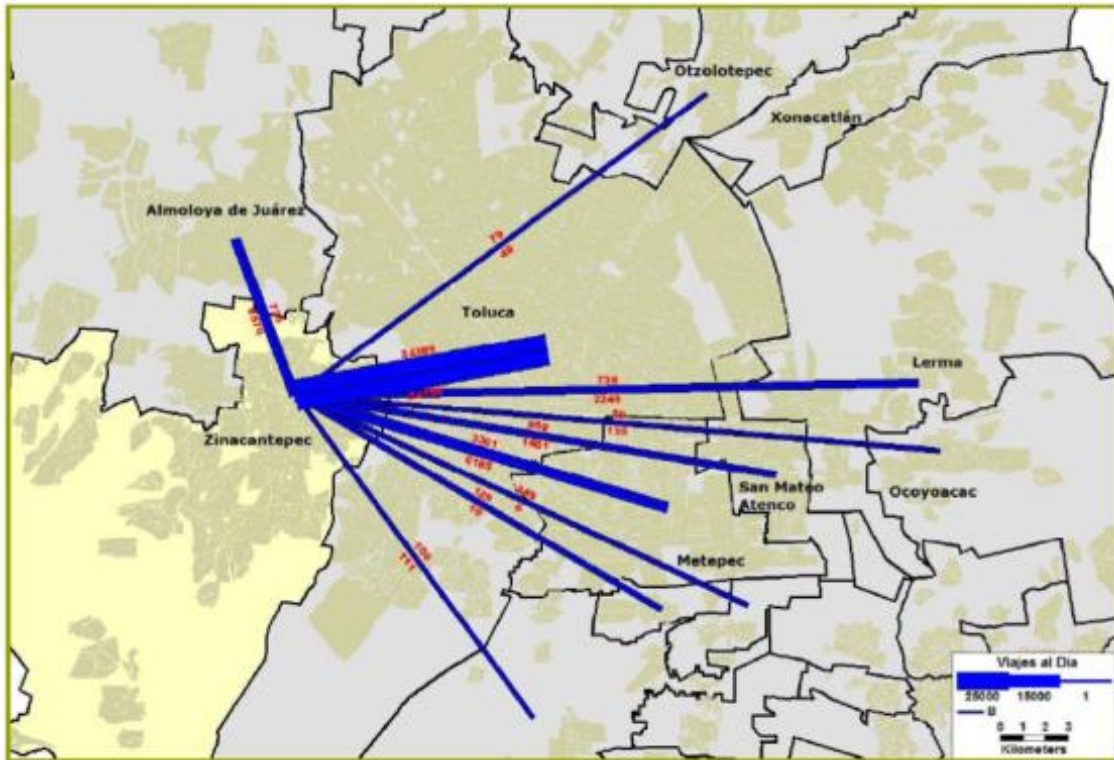


Figura 21. Líneas de deseo del Municipio de Zinacantepec

Respecto a la zona de estudio se observa lo siguiente:

La Av. de las Torres es una de las principales conexiones entre Toluca y la Ciudad de México, la cruza de oriente a poniente a la ciudad de Toluca por su ubicación al sur. En la zona de estudio existen 13 retornos para realizar los movimientos de retorno Zinacantepec – Zinacantepec y Ciudad de México – Ciudad de México, estos movimientos de retorno no generan conflictos de congestión de tránsito ya que en promedio dan tres movimientos en cada retorno cada 5 minutos; asimismo dichos retornos cuentan con carriles de cambio de velocidad.

La Av. 16 de septiembre (del Nevado), comunica a la población de San Juan de las Huertas (Zinacantepec) con el centro de Toluca y Ciudad de México.

La Avenida Paseo Colón, es la avenida por la que el tránsito proveniente de Paseo Tolloca ingresa a Blvd. Adolfo López Mateos y de Av. Morelos generando congestión en ambos sentidos.

La inminente puesta en operación del tren México-Toluca coadyuvará a la consolidación y creación de nuevas centralidades en los puntos intermedios y terminales; Lerma, Metepec, Toluca y Zinacantepec. Es en este punto donde toma relevancia la construcción de la vialidad de proyecto para la conexión de la Av. Las Torres con la Carretera Toluca – Cd. Altamirano.

Respecto a la Carretera Toluca – Ciudad Altamirano, tiene gran relevancia, ya que esta comunica a Valle de Bravo con el Centro de Toluca; asimismo por esta se encuentra el eje de transporte Nororiental-Sur poniente: formado por Del Pacífico, Paseo Colón, pasando por el centro de la ciudad y la Avenida López Portillo.

La Av. Jesús Reyes Heróles tiene como finalidad la conexión del Tec de Monterrey con el centro de Toluca, así como la conexión de la vialidad Las Torres con la Carretera Toluca Ciudad Altamirano (después del TEC hacia el norte la Avenida cambia de nombre a calle José María Heredia).

En la vialidad de proyecto únicamente se tiene tránsito local, ya que está actualmente no conecta a la Carretera Toluca Ciudad Altamirano y en su mayoría es de terracería.

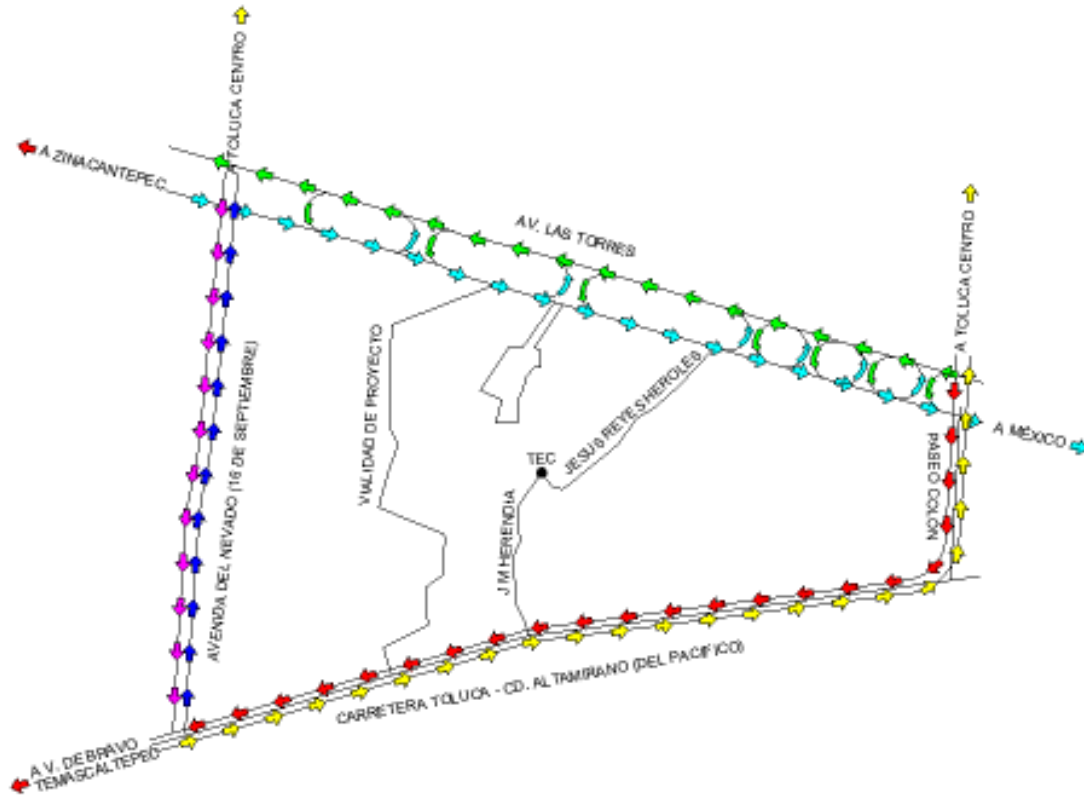


Figura 22. Orígenes y Destinos de la zona de estudio

Derivado de los puntos anteriores y de los aforos de tránsito en las 8 estaciones de aforo, se puede analizar y deducir que el mayor volumen de tránsito que ingresa a las vialidades Jesús Reyes Heróles y José María Herendia, procede del oriente tanto de la Av. Las Torres y de la Av. del Pacífico, en las figuras 7 y 19, se pueden observar los orígenes y destinos, así como los volúmenes de tránsito que ingresan a las vialidades motivo del presente estudio (Jesús Reyes Heróles y José María Herendia).

d) Interacción de la Oferta – Demanda

El Nivel de Servicio (NS) es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y la percepción de los conductores. Para el cálculo del nivel de servicio de una vía se considera el volumen vehicular en términos de Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y las características geométricas y operativas para cada tramo correspondiente.

Para evaluar el NS, se han establecido seis niveles: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. A continuación, se describe brevemente cada nivel de servicio:

- **Nivel de servicio A:** Circulación a flujo libre, los vehículos interactúan con espacio, permitiendo maniobrar libremente y sin problema alguno.

- **Nivel de servicio B:** Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empieza a observar otros vehículos integrantes en la circulación, las maniobras y cambios de carril son aceptables y sin dificultades.
- **Nivel de servicio C:** Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.
- **Nivel de servicio D:** Representa una circulación de densidad elevada pero estable, la velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas y el conductor experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.
- **Nivel de servicio E:** El funcionamiento está cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos los usuarios se ve reducida a un nivel bajo. La circulación es inestable.
- **Nivel de servicio 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.

El grado de calidad de servicio que prevalece en cada tramo de la red carretera, se mide cuantitativa y cualitativamente mediante el cálculo de los niveles de servicio, los cuales orientan el establecimiento de políticas con las cuales se pretende satisfacer las necesidades socioeconómicas para la planeación, modernización y conservación de la infraestructura carretera.

En todo proyecto de infraestructura vial el nivel de servicio está definido por parámetros objetivos que determinan la calidad del flujo vehicular, que se identifican mediante su cálculo, los problemas operativos que se están presentando y las causas de dichos problemas.

Para el análisis de capacidad se utilizó la metodología y parámetros del Manual de Capacidad Vial de la SCT. Asimismo, con base en el levantamiento de datos, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación de 30 años y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

La información presentada en este documento se generó mediante la metodología presentada en la publicación “Manual de Capacidad Vial”, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en 1991, a partir de consideraciones de índole general. La expresión básica para calcular el flujo de servicio en análisis de la operación de segmentos generalizados fue la siguiente:

$$FS_i = c_j(v/c)_i(N)(f_A)(f_{VP})(f_C)$$

En donde:

F_{si}= Flujo de servicio al nivel i, bajo las condiciones prevalecientes del camino y tránsito en vehículos equivalentes.

C_j= Capacidad por carril en condiciones ideales.

(v/c)_i= Máxima relación volumen/capacidad asociada al nivel de servicio i

N= Número de carriles por sentido

f_A= Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales

f_{VP}= Factor de ajuste por vehículos pesados (Autobuses y camiones)

f_C= Factor de ajuste por el tipo de conductor (relacionado con el conocimiento de la carretera en que circula)

Para el análisis de capacidad se utilizó la metodología y parámetros del Manual de Capacidad Vial de la SCT.

Los datos base para calcular el nivel de servicio se muestran en las tablas siguientes.

DATOS	CARRETERAS							
	Av. Las Torres	Av. Las Torres	Toluca - Cd. Altamirano	Toluca - Cd. Altamirano	Av. Del Nevado	Av. Jesús Reyes Heróles	Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza	Calle José María Herendía
ESTACIÓN	AA-01	AA-02	AA-03	AA-04	AA-05	AA-06	AA-07	AA-08
N	4	4	6	6	3	4	6	2
C	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
(V/C)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
f _A :	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f _C :	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
E _c	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
E _B	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
E _R	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TDPA ₂₀₂₂	40422	67176	68512	49562	16070	33444	67036	26566
%A	93.62	95.6	94.19	91.78	92.95	95.9	92.28	95.9
%B	0.47	0.61	2.09	1.74	3.35	2.83	5.25	2.83
%C	5.91	3.79	3.72	6.48	3.7	1.27	2.47	1.27
FVP:	0.9581	0.9713	0.9648	0.9487	0.9591	0.9775	0.9583	0.9775
FS _i :	3145.7	3188.9	4751.4	4672.2	2361.7	3209.3	4719.3	1604.6
Factor K (%)	8	8	8	8	8	8	8	8
VHMD	3233.76	5374.08	5480.96	3964.96	1285.6	2675.52	5362.88	2125.28

Tabla 19. Datos para el cálculo del nivel de servicio por vialidad analizada

Fuente: Elaboración propia, basado en los Estudios de Tránsito.

Análisis Costo - Beneficio

Año	Av. Las Torres		Av. Las Torres		Toluca - Cd. Altamirano		Toluca - Cd. Altamirano		Av. Del Nevado		Av. Jesús Reyes Heróles		Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza		Calle José María Heredia		
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	
0	2022	40422	B	67176	C	68512	B	49562	A	16070	A	33444	A	67036	B	26566	B
1	2023	41897	B	69655	C	71013	B	51391	A	16657	A	34665	A	69483	B	27536	B
2	2024	43427	B	72134	C	73605	B	53220	A	17265	A	35930	A	72019	B	28541	B
3	2025	45012	B	74612	C	76291	B	55049	A	17895	A	37241	A	74648	B	29582	C
4	2026	46655	B	77091	D	79076	B	56877	B	18548	A	38601	B	77372	B	30662	C
5	2027	48358	B	79570	D	81962	B	58706	B	19225	A	40010	B	80196	B	31781	C
6	2028	50123	B	82049	F	84954	B	60535	B	19927	A	41470	B	83124	B	32941	C
7	2029	51952	B	84528	F	88055	C	62364	B	20654	A	42984	B	86158	C	34144	C
8	2030	53848	B	87006	F	91269	C	64193	B	21408	A	44553	B	89302	C	35390	C
9	2031	55814	B	89485	F	94600	C	66022	B	22189	A	46179	B	92562	C	36682	C
10	2032	57851	C	91964	F	98053	C	67850	B	22999	A	47864	B	95940	C	38021	C
11	2033	59963	C	94443	F	101632	C	69679	B	23838	A	49611	B	99442	C	39408	D
12	2034	62151	C	96922	F	105341	C	71508	B	24709	A	51422	B	103072	C	40847	F
13	2035	64420	C	99400	F	109186	C	73337	B	25610	A	53299	B	106834	C	42338	F
14	2036	66771	C	101879	F	113171	C	75166	B	26545	A	55244	B	110733	C	43883	F
15	2037	69208	C	104358	F	117302	D	76995	B	27514	A	57261	B	114775	D	45485	F
16	2038	71734	C	106837	F	121584	F	78823	B	28518	B	59351	C	118964	D	47145	F
17	2039	74353	C	109316	F	126022	F	80652	B	29559	B	61517	C	123307	F	48866	F
18	2040	77066	D	111794	F	130621	F	82481	B	30638	B	63763	C	127807	F	50649	F
19	2041	79879	F	114273	F	135389	F	84310	B	31757	B	66090	C	132472	F	52498	F
20	2042	82795	F	116752	F	140331	F	86139	C	32916	B	68502	C	137307	F	54414	F
21	2043	85817	F	119231	F	145453	F	87968	C	34117	B	71003	C	142319	F	56400	F
22	2044	88949	F	121709	F	150762	F	89796	C	35362	B	73594	C	147514	F	58459	F
23	2045	92196	F	124188	F	156265	F	91625	C	36653	B	76280	C	152898	F	60593	F
24	2046	95561	F	126667	F	161968	F	93454	C	37991	B	79065	D	158479	F	62804	F
25	2047	99049	F	129146	F	167880	F	95283	C	39378	B	81950	F	164263	F	65097	F
26	2048	102664	F	131625	F	174008	F	97112	C	40815	B	84942	F	170259	F	67473	F
27	2048	106412	F	134103	F	180359	F	98941	C	42305	B	88042	F	176473	F	69935	F
28	2049	110296	F	136582	F	186942	F	100769	C	43849	C	91255	F	182915	F	72488	F
29	2050	114321	F	139061	F	193766	F	102598	C	45449	C	94586	F	189591	F	75134	F
30	2051	118494	F	141540	F	200838	F	104427	C	47108	C	98039	F	196511	F	77876	F

Tabla 20. Nivel de Servicio calculado por año en el futuro

Fuente: Elaboración propia.

Car.: Toluca - Cd. Altamirano				Red: Federal Libre										
TRAMO	Km	V.H.	Porcentaje		T	# C	VOLÚMENES DE SERVICIO					N S		
			B	Cam			A	B	C	D	E			
T. C. Toluca - Axixtlán - T. Izq. Capultlán	1.78	3,346	1%	4%	P	6	3,537	5,202	6,866	8,635	10,404	A		
T. Izq. Capultlán - T. Der. Zinacatepec	10.21	3,346	1%	4%	P	6	3,537	5,202	6,866	8,635	10,404	A		
T. Der. Zinacatepec - T. Izq. Sultepec	16.72	1,993	1%	7%	L	4	2,078	3,055	4,033	5,072	6,111	A		
T. Izq. Sultepec - T. Der. Valle de Bravo	52.00	598	2%	11%	M	2	56	124	217	327	803	E		
T. Der. Valle de Bravo - Temascaltepec	68.76	517	2%	10%	M	2	56	126	223	336	825	E		
Temascaltepec - T. Izq. San Diego Cuautla	84.34	501	2%	10%	M	2	53	116	206	309	769	E		
T. Izq. San Diego Cuautla - Tejupilco de Hidalgo	100.76	551	1%	9%	M	2	56	126	223	339	840	E		
Tejupilco de Hidalgo - Cuadrilla de López	113.20	579	1%	9%	L	2	98	250	460	686	1,526	D		
Cuadrilla de López - T. Izq. Bejucos	147.57	211	1%	11%	L	2	73	184	339	506	1,159	C		
T. Izq. Bejucos - Lim. Edos. Terr. Méx. Pcia. Gro.	148.00	348	1%	11%	L	2	76	188	347	517	1,181	D		

Tabla 21. Nivel de Servicio en la Carretera Toluca – Cd. Altamirano

Fuente: Capacidad Y Niveles De Servicio Red Federal, SCT, DGST

III. Situación sin el PPI

a) Optimizaciones

En caso de que el proyecto no se realice, se mejoraría el señalamiento horizontal y vertical del tramo (circuito: Boulevard Solidaridad Las Torres, en una longitud aproximada de 2.5 km, Avenida Jesús Reyes Heróles en una longitud de 2.31 km y Calle JM Herendia en una longitud de 1.56 km aproximadamente, la Av. Pacifico no se consideró, toda vez que es de jurisdicción de la SCT), con el fin de dar mayor seguridad a los usuarios. Así como también una mayor frecuencia en el mantenimiento de las vías, para que las condiciones físicas de estas sean óptimas y se logre un mejor nivel de servicio.

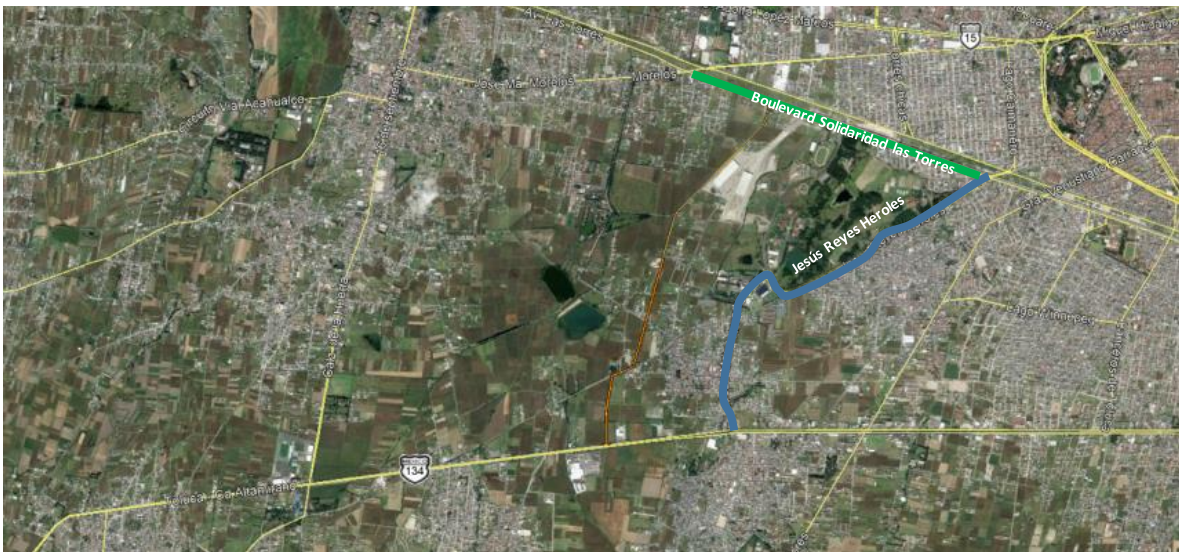


Figura 23. Tramos de solución optimizada

Como parte del mantenimiento se recomienda un programa de bacheo y reconstrucción en los tramos de cada vialidad del circuito, que así lo requieran; la ejecución (en tiempo) y el costo del programa dependerán del grado de afectación que tengan dichos tramos. Igualmente, es recomendable mejoramiento del señalamiento horizontal y vertical. A continuación, se desglosan las optimizaciones que se plantean para el tramo:

- **Señalamiento horizontal y vertical:** colocación y sustitución de botones reflejantes, pintado de rayas de separación de carriles y rayas M-7.1 para paso de peatonales, sustitución de señalamiento vertical dañado y reforzamiento de señalamiento vertical.
- **Mantenimiento normal:** trabajos de bacheo superficial, profundo, limpieza de grietas y de calzada.

Análisis Costo - Beneficio

Concepto	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo total sin IVA	IVA	Costo total con IVA
Señalamiento horizontal y vertical	\$851,498	Vialidad	2	\$1,702,996	\$272,479	\$1,975,475
Mantenimiento Normal	\$1,711,033	Vialidad	2	\$3,422,066	\$547,531	\$3,969,597
TOTAL	-	-	-	\$5,125,062	\$820,010	\$5,945,072

Tabla 22. Costo de la solución optimizada

Fuente: Elaboración propia

Estos trabajos de optimización tendrían un costo del orden de los 6 millones de pesos.

Con estas acciones tendientes a incrementar la calidad de las tres vialidades mencionadas, la seguridad y la velocidad de operación se incrementarían marginalmente, ya que no atacaría el verdadero problema: debido a la demanda de tránsito que viaja del oriente de la vialidad Solidaridad las Torres a la Carretera Toluca – Ciudad Altamirano; asimismo, el flujo vehicular que circula por la Vía Solidaridad las Torres se ve interrumpido por la presencia de semáforos y en la calle José María Herendia por ser una vía de un carril por sentido de circulación, por lo que se incrementan los tiempos de recorrido de los usuarios y la velocidad de operación es baja, aumentando a su vez los costos de operación vehicular.

Por lo anterior, se requieren de medidas cuyo objetivo sea permitir un flujo vehicular continuo para la conexión de la Vialidad las Torres con la Carretera Toluca – Ciudad Altamirano.

OPTIMIZADA			
Vialidad	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Tiempo de recorrido (horas)
Av. Las Torres (Poniente)	5.87	35	0.168
Av. Las Torres (Oriente)	3	35	0.086
Av. Jesús Reyes Heróles	1.6	30	0.053
Calle J M Herendia	1.5	20	0.075
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Poniente)	4.7	56	0.084
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Oriente)	3	56	0.054

Tabla 23. Velocidad y tiempos de recorridos para la situación optimizada

Como se puede observar en la tabla anterior, con respecto a la tabla 6 (situación actual) las velocidades aumentan con las medidas de optimización, por lo que se verá reflejado en la disminución de los costos de traslado.

b) Análisis de la Oferta

Las medidas de optimización implementadas tienen un efecto marginal en la oferta, pues la infraestructura existente no sufre modificaciones salvo que se mejora el estado físico de las vialidades (IRI), lo que produce un aumento en la velocidad de operación en las vialidades mencionadas:

Tramo 1. Boulevard Solidaridad Las Torres									
Tramos		Longitud (km)	Tipo de carretera	Número de carriles	Ancho de sección (m)	Tipo de terreno	Índice de Rugosidad (IRI)	Velocidad de Operación PROMEDIO (km/h)	Velocidad Restringida mediante señalamiento (km/h)
Boulevard Solidaridad Las Torres	De la intersección con Av. Morelos hasta la estación del tren interurbano Zinacantepec	2.5	Urbana	6	21.0	Plano	3.2	37.00	40.00

Tabla 24. Características con las medidas de optimización de la Avenida BST

Fuente: Elaboración propia.

Tramo 4. Jesús Reyes Heróles y José María Heredia									
Tramos		Longitud (km)	Tipo de carretera	Número de carriles	Ancho de sección (m)	Tipo de terreno	Índice de Rugosidad (IRI)	Velocidad de Operación Con Congestión (km/h)	Velocidad de Restringida mediante señalamiento (km/h)
Jesús Reyes Heróles y José María Heredia	De Boulevard Solidaridad las Torres – Tecnológico de Monterrey	2.31	Urbana	6	21.0 (10.5 x cuerpo)	Plano	8.0	30	No aplica
	Tecnológico de Monterrey – Carretera Toluca – Ciudad Altamirano	1.56	Urbana	2	9 m (calzada de 9m y banquetas de 1 m)	Plano	8.0	20	No aplica

Tabla 25. Características con las medidas de optimización de la Avenida Jesús Reyes Heróles

Fuente: Elaboración propia.

c) Análisis de la demanda

Como se mencionó anteriormente, los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación de las vialidades consideradas y por tratarse de vialidades existentes, la demanda se mantiene sin cambios respecto a la demanda para el TDPA (Ver tabla 15), pero con un cambio ligero en la velocidad de operación (tabla 23).

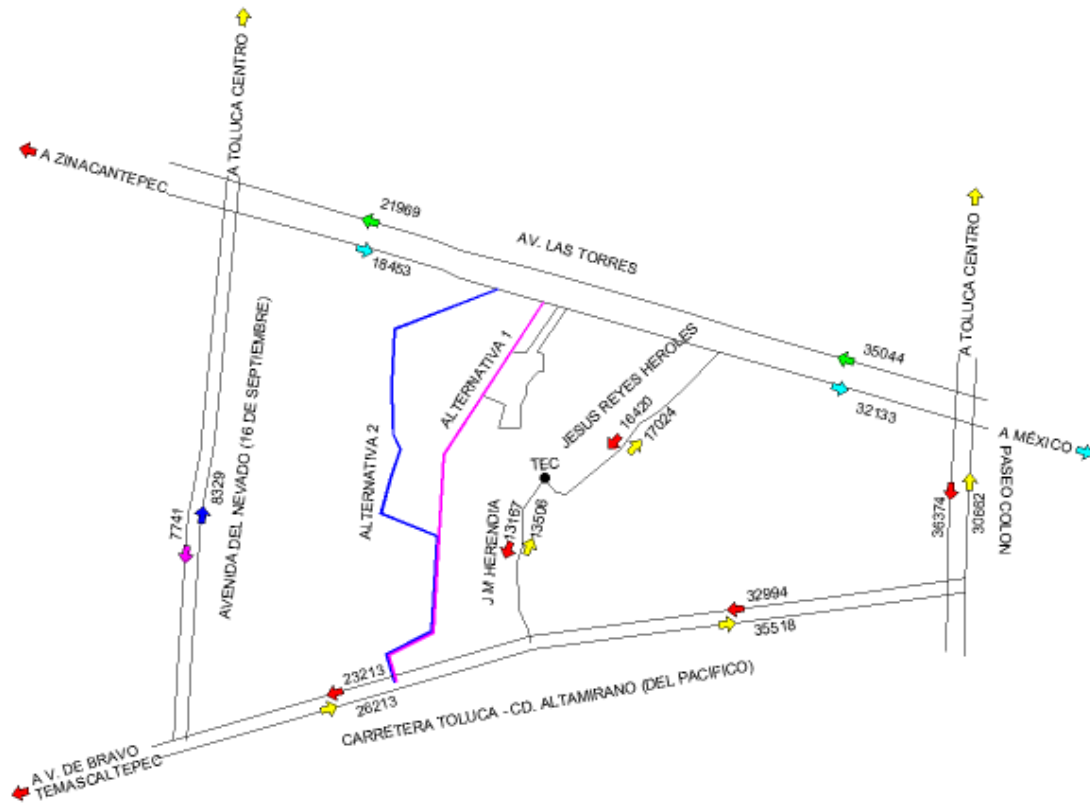


Figura 24. Demanda de las vialidades de la zona de análisis (año 2022)

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Como se ha hecho mención anteriormente, el Nivel de Servicio (NS) es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y la percepción de los conductores. Existen seis niveles de servicio, los cuales se denominan: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

Con las optimizaciones mencionadas anteriormente se realizó otro análisis de capacidad para determinar el nivel de servicio, el cual se muestra a continuación:

Año	Av. Las Torres		Av. Las Torres		Toluca - Cd. Altamirano		Toluca - Cd. Altamirano		Av. Del Nevado		Av. Jesús Reyes Heróles		Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza		Calle José María Herrendía		
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	
0	2022	40422	B	67176	C	68512	B	49562	A	16070	A	33444	A	67036	B	26566	B
1	2023	41897	B	69655	C	71013	B	51391	A	16657	A	34665	A	69483	B	27536	B
2	2024	43427	B	72134	C	73605	B	53220	A	17265	A	35930	A	72019	B	28541	B
3	2025	45012	B	74612	C	76291	B	55049	A	17895	A	37241	A	74648	B	29582	C
4	2026	46655	B	77091	D	79076	B	56877	B	18548	A	38601	B	77372	B	30662	C
5	2027	48358	B	79570	D	81962	B	58706	B	19225	A	40010	B	80196	B	31781	C
6	2028	50123	B	82049	F	84954	B	60535	B	19927	A	41470	B	83124	B	32941	C
7	2029	51952	B	84528	F	88055	C	62364	B	20654	A	42984	B	86158	C	34144	C
8	2030	53848	B	87006	F	91269	C	64193	B	21408	A	44553	B	89302	C	35390	C
9	2031	55814	B	89485	F	94600	C	66022	B	22189	A	46179	B	92562	C	36682	C
10	2032	57851	C	91964	F	98053	C	67850	B	22999	A	47864	B	95940	C	38021	C
11	2033	59963	C	94443	F	101632	C	69679	B	23838	A	49611	B	99442	C	39408	D
12	2034	62151	C	96922	F	105341	C	71508	B	24709	A	51422	B	103072	C	40847	F
13	2035	64420	C	99400	F	109186	C	73337	B	25610	A	53299	B	106834	C	42338	F
14	2036	66771	C	101879	F	113171	C	75166	B	26545	A	55244	B	110733	C	43883	F
15	2037	69208	C	104358	F	117302	D	76995	B	27514	A	57261	B	114775	D	45485	F
16	2038	71734	C	106837	F	121584	F	78823	B	28518	B	59351	C	118964	D	47145	F
17	2039	74353	C	109316	F	126022	F	80652	B	29559	B	61517	C	123307	F	48866	F
18	2040	77066	D	111794	F	130621	F	82481	B	30638	B	63763	C	127807	F	50649	F
19	2041	79879	F	114273	F	135389	F	84310	B	31757	B	66090	C	132472	F	52498	F
20	2042	82795	F	116752	F	140331	F	86139	C	32916	B	68502	C	137307	F	54414	F
21	2043	85817	F	119231	F	145453	F	87968	C	34117	B	71003	C	142319	F	56400	F
22	2044	88949	F	121709	F	150762	F	89796	C	35362	B	73594	C	147514	F	58459	F
23	2045	92196	F	124188	F	156265	F	91625	C	36653	B	76280	C	152898	F	60593	F
24	2046	95561	F	126667	F	161968	F	93454	C	37991	B	79065	D	158479	F	62804	F
25	2047	99049	F	129146	F	167880	F	95283	C	39378	B	81950	F	164263	F	65097	F
26	2048	102664	F	131625	F	174008	F	97112	C	40815	B	84942	F	170259	F	67473	F
27	2048	106412	F	134103	F	180359	F	98941	C	42305	B	88042	F	176473	F	69935	F
28	2049	110296	F	136582	F	186942	F	100769	C	43849	C	91255	F	182915	F	72488	F
29	2050	114321	F	139061	F	193766	F	102598	C	45449	C	94586	F	189591	F	75134	F
30	2051	118494	F	141540	F	200838	F	104427	C	47108	C	98039	F	196511	F	77876	F

Tabla 26. Nivel de Servicio calculado por año en el futuro con las medidas de optimización

Fuente: Elaboración propia.

Para solucionar los problemas de congestión y las bajas velocidades de operación vehicular que se presentan para la conexión de las vialidades Boulevard Solidaridad Las Torres y la Carretera Toluca – Ciudad Altamirano, se procedió a realizar un listado de posibles soluciones, las cuales fueron analizadas para confirmar su viabilidad técnica y económica, que solucionaran el problema. Se analizaron 2 alternativas viables que resuelven la problemática. Ambas alternativas se presentan a continuación:

Alternativa 1

Construcción de una vialidad tipo Boulevard con una sección transversal de 4 carriles (2 por sentido de circulación) de 3.50 metros cada uno, banquetas de 1.50 m y camellón central de 1.00 m sin acotamientos externos ni internos, con una longitud de 3.99 Km.

Concepto	Construcción tipo B2
Longitud (Km.)	3.99
No. de carriles	4
Tipo de carretera	Boulevard
Ancho de sección	18
Ancho de carriles	3.5
Acotamientos	NA
Velocidad de proyecto (Km./Hr.)	40
Tipo de terreno	PLANO
Tipo de pavimento	Asfáltico
IRI (m/Km.)	2.3
Vida útil (años)	30
Periodo de construcción (años)	1.0

Tabla 27. Características de la alternativa 1

Fuente: Elaboración propia.

Alternativa I			
Vialidad	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Tiempo de recorrido (horas)
Av. Las Torres (Poniente)	3.8	37	0.103
Av. Las Torres (Centro)	2.07	37	0.056
Av. Las Torres (Oriente)	3	37	0.081
Av. Jesús Reyes Heróles	1.6	40	0.040
Calle J M Herendia	1.5	30	0.050
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Poniente)	3	56	0.054
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Centro)	1.7	56	0.030
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Oriente)	3	56	0.054
CALLE NUEVA	3.99	40	0.100

Tabla 28. Velocidad y tiempos de recorridos para la alternativa I

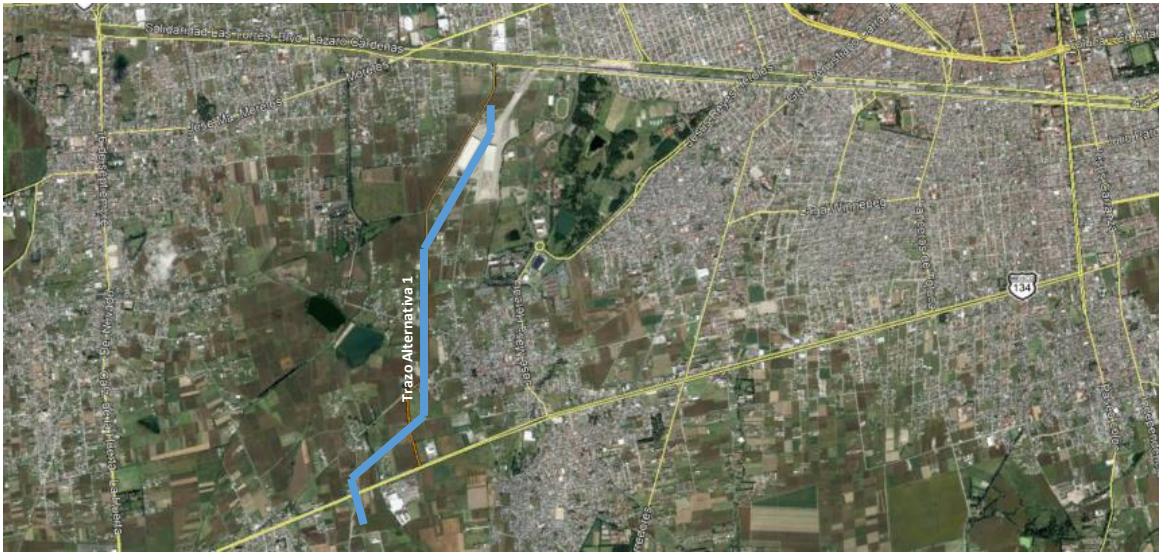


Figura 25. Ruta de trazo de la alternativa 1

Alternativa 2

Construcción de una vialidad tipo Boulevard con una sección transversal de 2 carriles (2 por sentido de circulación) de 3.50 metros cada uno, banquetas de 1.00 m, con una longitud de 3.70 Km.

Concepto	Construcción tipo Boulevard
Longitud (Km.)	4.2579 km
No. de carriles	2
Tipo de carretera	Boulevard
Ancho de sección	9
Ancho de carril	3.5
Acotamientos	NA
Velocidad de proyecto (Km./Hr.)	40
Tipo de terreno	PLANO
Tipo de pavimento	Asfáltico
IRI (m/Km.)	2.3
Vida útil (años)	30
Periodo de construcción (años)	1.0

Tabla 29. Características de la alternativa 2

Fuente: *Elaboración propia.*

Alternativa II			
Vialidad	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Tiempo de recorrido (horas)
Av. Las Torres (Poniente)	3	37	0.081
Av. Las Torres (Centro)	2.87	37	0.078
Av. Las Torres (Oriente)	3	37	0.081
Av. Jesús Reyes Heróles	1.6	40	0.040
Calle J M Herendia	1.5	30	0.050
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Poniente)	3	56	0.054
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Centro)	1.7	56	0.030
Carretera Toluca - Cd. Altamirano (Oriente)	3	56	0.054
CALLE NUEVA	4.26	40	0.107

Tabla 30. Velocidad y tiempos de recorridos para la alternativa 2

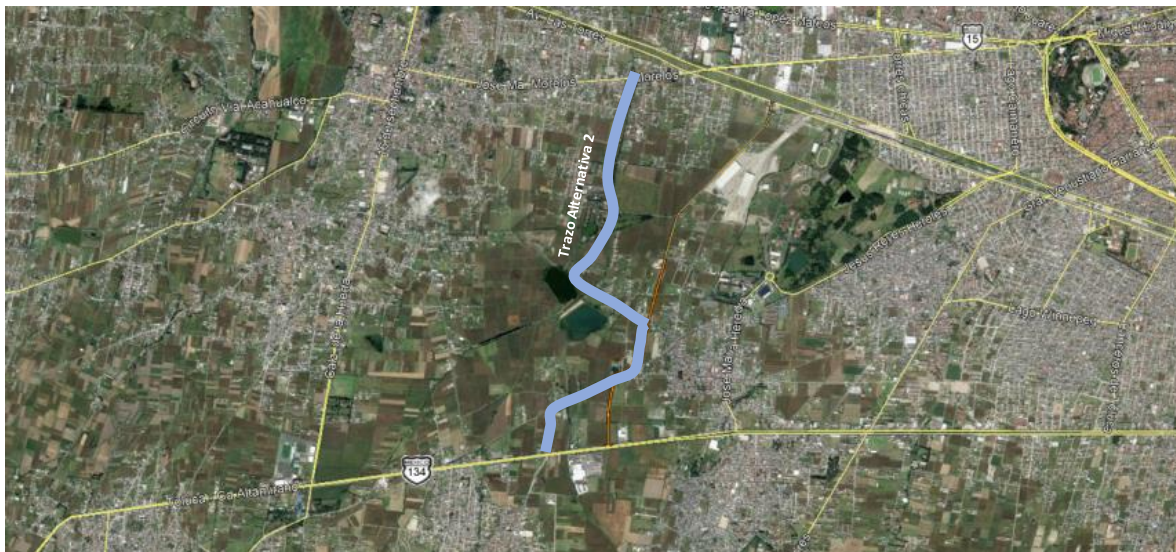


Figura 26. Ruta de trazo de la alternativa 2

Estrategia de conservación.

Para la conservación de estas dos alternativas, se propone aplicar un programa tradicional de mantenimiento carretero, el cual se integra en tres niveles que son: conservación rutinaria, conservación periódica y reconstrucción. La tabla siguiente muestra los costos y periodos de aplicación de estos trabajos.

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) desarrolló el estudio denominado ALGUNOS ELEMENTOS DE UNA ESTRATEGIA OPTIMA DE CONSERVACION PARA LA RED DE CARRETERAS PAVIMENTADAS, dirigido a orientar la administración de la conservación de las carreteras construidas con pavimento asfáltico, mismo que sirve de guía a los diseñadores de caminos en la selección del nivel de calidad inicial del pavimento y su resistencia estructural en el horizonte de planeación, estableciendo que las acciones de conservación analizadas son aquellas que impactan significativamente en el comportamiento de los pavimentos; siendo estas las que se refieren a los trabajos de rehabilitación y refuerzo; asimismo, en este estudio se indica que los análisis realizados fueron para condiciones de pavimento y tránsito que cubren prácticamente todas las situaciones existentes en la red mexicana, abajo se presentan tablas del IMT.

En la figura de abajo se muestran las alternativas de conservación y también los límites de los Índices de Rugosidad Internacional (IRI) considerados en el estudio; IRI actual, IRI después de cada conservación y el IRI máximo tolerado al final de cada periodo.

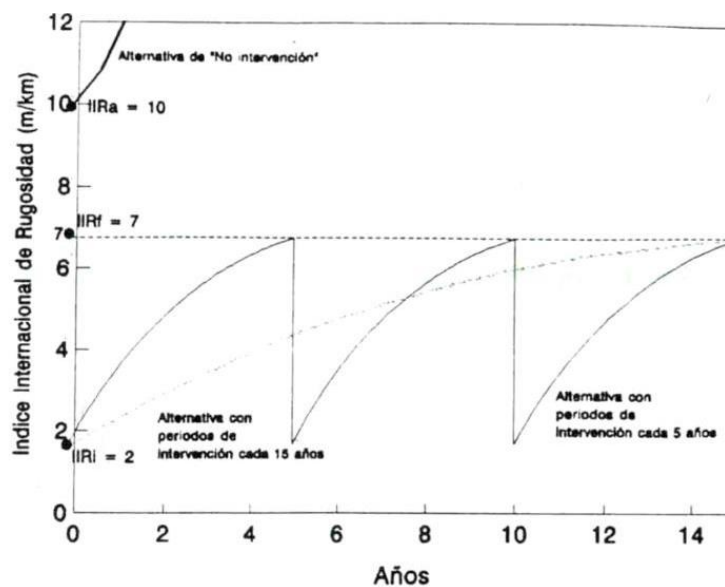


Figura 27. Límites de los Índices de Rugosidad Internacional, IMT

Estrategia. Considera un IRI máximo aceptable de 5 m/km en el horizonte de planeación, para el cual se tendrá que realizar las siguientes acciones:

En el año cero se construirá la obra previéndola de una estructura de pavimento asfáltico fuerte.

Todos los años, excepto los años 5, 11, 17, 23 y 30 para las alternativas de proyecto, se realizará conservación rutinaria, consistente en reparaciones locales del pavimento, perfilado de los acotamientos, conservación del drenaje y alrededores, señales de tránsito,

limpieza y control de la vegetación de áreas de descanso; su aplicación permitirá que la carretera aproveche plenamente su vida útil.

En los años 5,17 y 30 para las alternativas de proyecto, se llevará a cabo conservación periódica, que abarca la colocación de carpetas y sellos asfálticos sobre la superficie de rodamiento existente para preservar su integridad estructural y su calidad de rodadura; con cuya aplicación se eleva el nivel de servicio de la carretera (mejora el IRI) y se prolonga su vida útil.

En los años 11 y 23 con proyecto, se reconstruirá el pavimento, para restaurar su capacidad estructural, incluyendo obras de drenaje, lo que eleva nuevamente el nivel de servicio de la carretera hasta un 100%.

Cabe señalar que el costo de la alternativa se estimó en base de costos índice, dado que la comparación entre alternativas se hace en etapa conceptual pues sería un doble gasto generar anteproyecto de 2 o más alternativas, siendo que finalmente se elegirá una.

Conceptos	Alternativa 1
Preeliminares y terracerías	\$13,991,612.25
Estructuras	\$3,053,449.36
Drenaje	\$5,590,858.01
Pavimentos	\$61,180,280.28
Señalamiento	\$659,500.41
Supervisión	\$1,689,514.00
Derecho de Vía	\$56,000,000.00
IVA	\$22,746,434.29
Total	\$164,911,648.60

Tabla 31. Costos de la alternativa 1

Fuente: Elaboración propia.

Conceptos	Alternativa 2
Preeliminares y terracerías	\$10,877,568
Estructuras	\$7,150,174.21
Pavimentos	\$29,925,085.54
Alumbrado	\$6,081,188.75
Limpieza, renivelación, etc-	\$934,291.00
Señalamiento	\$2,099,781
Obras inducidas	\$27,407,611.8
Derecho de Vía	No aplica
IVA	\$13,516,112.05
Total	\$97,991,812.35

Tabla 32. Costos de la alternativa 2
Fuente: Elaboración propia.

Comparativa de alternativas

Concepto	Alternativa 1	Alternativa 2
Longitud (Km.)	3.99	4.2579
No. de carriles	4	2
Tipo de carretera	Boulevard	Boulevard
Ancho de sección	18	9
Ancho de carril	3.50	3.50
Acotamientos	NA	NA
Velocidad de proyecto (Km./Hr.)	40	40
Tipo de terreno	Plano	Plano
Tipo de pavimento	Asfáltico	Asfáltico y concreto hidráulico
IRI (m/Km.)	2.3	2.3
Vida útil (años)	30	30
Periodo de construcción (años)	1.0	1.0

Tabla 33. Costos de la alternativa 2
Fuente: Elaboración propia.

Ambas alternativas se diseñaron considerando características similares como son: tipo de terreno, IRI, tipo de carretera, etc. Por lo que las diferencia entre las alternativas se encuentran, en el ancho de la sección, en la velocidad de operación y que en la primera opción se requiere adquirir derecho de vía, lo que encarece dicha propuesta.

Para llegar a una conclusión de manera objetiva y cuantitativa se consideraron los indicadores económicos de las alternativas. Para su cálculo se utilizaron los siguientes parámetros y supuestos utilizados.

- Horizonte de evaluación de 31 años para ambas alternativas
- 1 año de obra y 30 de operación de ambas alternativas.
- IRI con proyecto de 2.3 m/Km (ambas alternativas)
- Velocidad de proyecto de 40 Km/h para ambas alternativas.
- Nadie rebasa la velocidad máxima permitida en la red actual.
- El programa de conservación y su costo por Km./carril es igual para las alternativas.
- Las longitudes de análisis para las dos alternativas y para la situación actual se muestran en la siguiente figura:

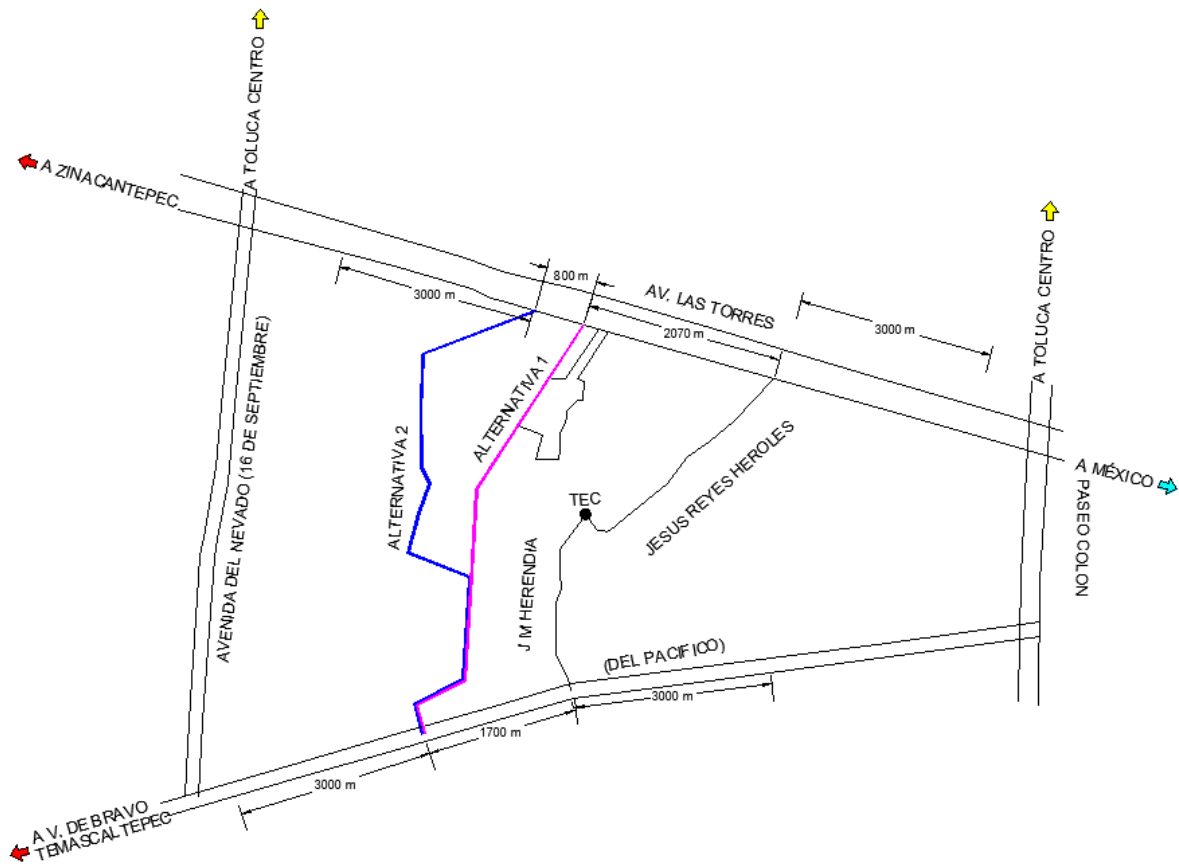


Figura 28. Longitudes de análisis

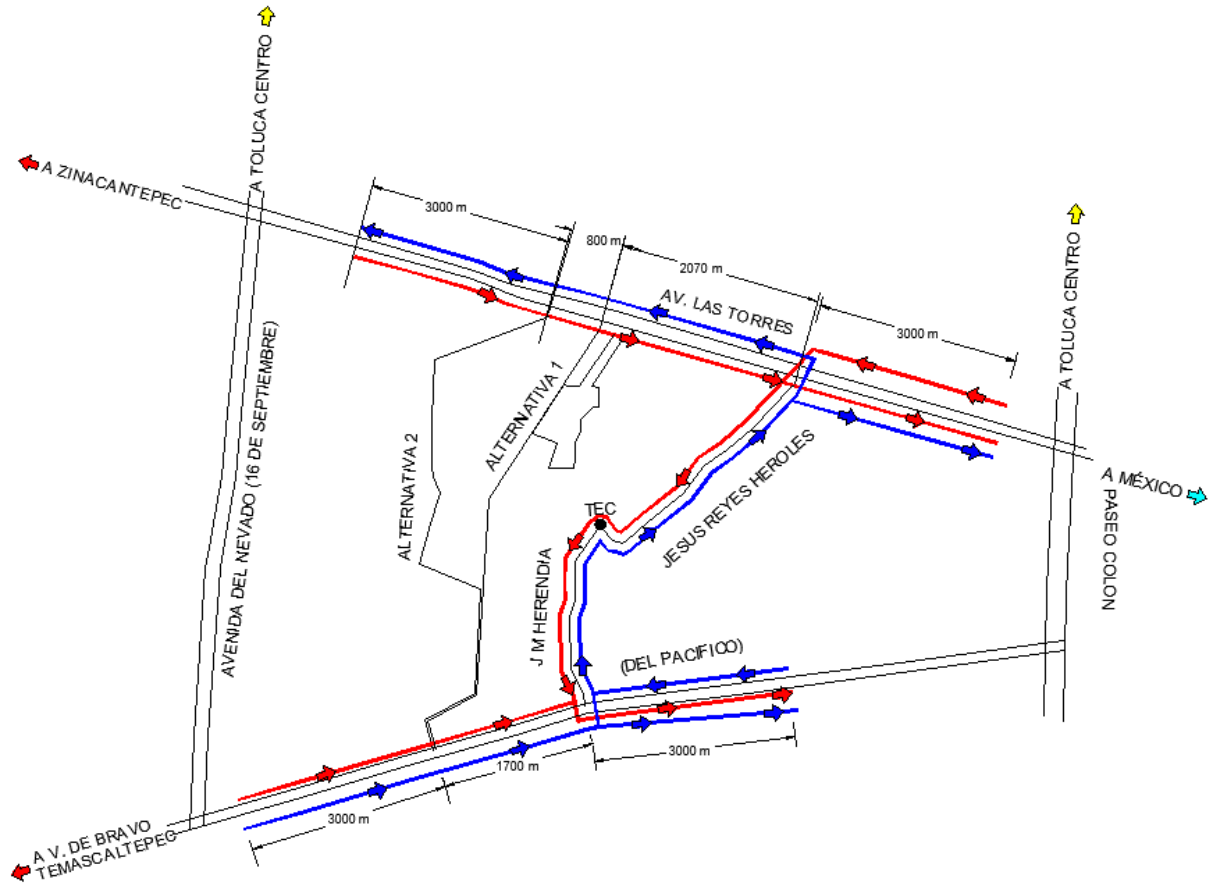


Figura 29. Origenes y destinos de las alternativas de solución

Por lo anterior, a fin de determinar la mejor alternativa se procedió a comparar los flujos de beneficios netos a lo largo del horizonte de análisis para ambas alternativas, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Análisis Costo - Beneficio

ALTERNATIVA I					ALTERNATIVA II				
COV	CTR	CA	CC	B	COV	CTR	CA	CC	B
0	0		142.1652	0	0	0		84.476	0
80.798	20.753		0.242504	101.551	52.598	16.369		0.259	68.967
74.184	19.565		0.242504	93.749	54.818	16.967		0.259	71.785
76.993	20.279		0.242504	97.273	56.779	17.586		0.259	74.365
78.622	21.020		0.242504	99.642	57.487	18.228		0.259	75.714
73.404	21.787		5.649984	95.191	51.911	18.893		6.032	70.804
83.250	22.582		0.242504	105.832	61.347	19.583		0.259	80.930
86.114	23.406		0.242504	109.520	63.285	20.297		0.259	83.582
89.985	24.261		0.242504	114.246	66.075	21.038		0.259	87.113
93.743	25.146		0.242504	118.889	68.498	21.806		0.259	90.305
100.389	26.064		0.242504	126.453	73.121	22.602		0.259	95.723
82.702	27.015		19.27436	109.717	55.488	23.427		20.579	78.915
102.879	28.001		0.242504	130.880	75.765	24.282		0.259	100.047
106.525	29.023		0.242504	135.549	78.343	25.168		0.259	103.511
110.677	30.083		0.242504	140.760	81.336	26.087		0.259	107.423
115.653	31.181		0.242504	146.834	84.922	27.039		0.259	111.962
120.886	32.319		0.242504	153.205	88.389	28.026		0.259	116.415
112.863	33.498		5.649984	146.361	79.816	29.049		6.032	108.865
128.002	34.721		0.242504	162.723	94.325	30.110		0.259	124.435
132.405	35.988		0.242504	168.394	97.304	31.209		0.259	128.513
138.358	37.302		0.242504	175.660	101.594	32.348		0.259	133.942
144.135	38.664		0.242504	182.798	105.320	33.528		0.259	138.849
154.355	40.075		0.242504	194.429	112.428	34.752		0.259	147.180
127.159	41.537		19.27436	168.696	85.316	36.021		20.579	121.337
158.182	43.054		0.242504	201.236	116.493	37.335		0.259	153.828
163.789	44.625		0.242504	208.414	120.457	38.698		0.259	159.155
170.173	46.254		0.242504	216.427	125.059	40.111		0.259	165.170
177.823	47.942		0.242504	225.766	130.573	41.575		0.259	172.148
181.521	49.692		0.242504	231.213	132.113	43.092		0.259	175.205
190.981	51.506		0.242504	242.486	139.078	44.665		0.259	183.742
178.532	53.386		5.649984	231.918	126.038	46.295		6.032	172.333
3635.083	1000.728	0.000	203.726	4635.810	2636.079	866.186	0.000	150.203	12648.457

ALTERNATIVA I				ALTERNATIVA II			
VPN	B/C	TIR	TRI	VPN	B/C	TIR	TRI
991.434	22.755	69.5%	71%	763.181	84.2	67.5%	82%

Tabla 34 Flujo de Beneficios Netos de las alternativas (millones de pesos)

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla anterior, las dos alternativas son rentables, no obstante, la **alternativa 2 es la mejor opción** al presentar mayores indicadores económicos.

IV. Situación con el PPI

a) Descripción general

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

El proyecto consiste en la construcción de un Boulevard con una sección transversal de 9 metros de ancho de sección, para alojar 2 carriles de circulación (1 por sentido de circulación) de 3.50 metros cada uno, en la sección no se consideran acotamientos ni faja separadora central, con una longitud total de 4.2579 km; cuya ubicación se muestra en la siguiente figura y sus características se indican en la tabla que se muestra a continuación.

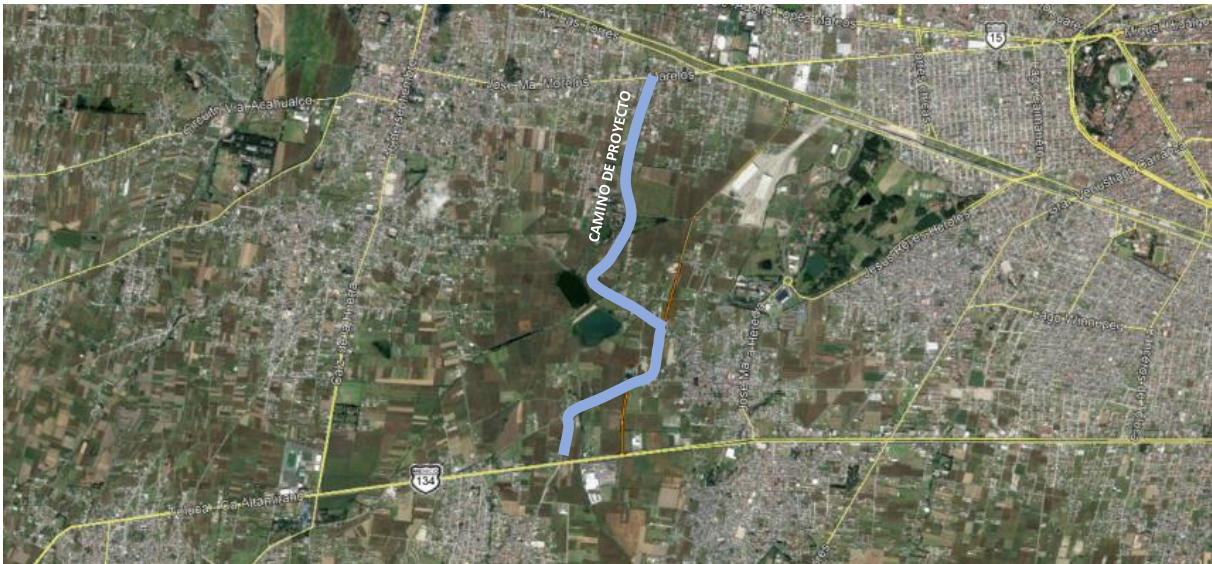


Figura 30. Trazo del camino de proyecto

El objetivo del proyecto es garantizar la comunicación entre el Boulevard Solidaridad Las Torres y la carretera Toluca – Ciudad Altamirano, permitiendo viajes ininterrumpidos entre estas dos vialidades, sin reducir los tiempos de traslado ni aumentar sus costos de operación.



Figura 31. Sección del Boulevard

b) Alineación Estratégica

El proyecto se alinea al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 en lo siguiente:

II. **POLÍTICA SOCIAL** Desarrollo sostenible El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico. El hacer caso omiso de este paradigma no sólo conduce a la gestación de desequilibrios de toda suerte en el corto plazo, sino que conlleva una severa violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal considerará en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. Además, se guiará por una idea de desarrollo que subsane las injusticias sociales e impulse el crecimiento económico sin provocar afectaciones a la convivencia pacífica, a los lazos de solidaridad, a la diversidad cultural ni al entorno. Análisis Costo-Beneficio Simplificado Construcción del Libramiento Norte de Valle de Bravo primera etapa.

III. **ECONOMÍA** Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo 1. Una de las tareas centrales del actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados. Hoy en día más de la mitad de la población económicamente activa permanece en el sector informal, la mayor parte con ingresos por debajo de la línea de pobreza y sin prestaciones laborales. Esa situación resulta inaceptable desde cualquier perspectiva ética y pernicioso para cualquier perspectiva económica: para los propios informales, que viven en un entorno que les niega derechos básicos, para los productores, que no pueden colocar sus productos por falta de consumidores, y para el

fisco, que no puede considerarlos causantes. El sector público fomentará la creación de empleos mediante programas sectoriales, proyectos regionales y obras de infraestructura, pero también facilitando el acceso al crédito a las pequeñas y medianas empresas (que constituyen el 93 por ciento y que generan la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas.

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

Adicional a esto se alinea al Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2017- 2023 en:

Pilar económico

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

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

Línea de acción 2.5.2.1 Incrementar, mantener y mejorar la red de vialidades primarias, carreteras y vialidades interregionales que faciliten la conectividad de la entidad.

Estrategia 2.5.3 Modernizar, ampliar y dar mantenimiento a la infraestructura. Línea de acción 2.5.3.3 Coordinar trabajos con los gobiernos federal y municipal para rehabilitar las vialidades internas más utilizadas para el Análisis Costo-Beneficio Simplificado Construcción del Libramiento Norte de Valle de Bravo, primera etapa, transporte de materiales y productos, así como para la implantación de medidas en materia de seguridad para reducir los accidentes de unidades de transporte de mercancías.

Línea de acción 2.5.3.6 Mejorar la infraestructura de movilidad y conectividad para el desarrollo de los sectores industriales.

c) Localización geográfica

El Boulevard se localizará en entre el Boulevard Solidaridad Las Torres y la Carretera Toluca – Ciudad Altamirano, estado de México, municipio de Toluca, las coordenadas UTM del eje de proyecto, se muestran en la siguiente figura:

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				2123	2,132,497.7693	424,821.7265
2123	2124	S 11°24'59.78" W	67.063	2124	2,132,432.0332	424,808.4520
2138	2139	S 08°48'07.38" E	5.702	2139	2,131,461.5665	424,579.8354
2139	2140	S 08°34'03.04" E	34.744	2140	2,131,427.2099	424,585.0114
2152	2153	S 01°32'14.37" E	6.553	2153	2,131,188.7715	424,563.6912
2153	2154	S 04°25'15.73" E	4.028	2154	2,131,184.7558	424,564.0017
2156	2157	S 26°17'30.76" W	2.592	2157	2,131,175.2973	424,561.4751
2157	2158	S 22°11'55.41" W	48.928	2158	2,131,129.9959	424,542.9891
2158	2159	S 20°19'29.77" W	2.836	2159	2,131,127.3366	424,542.0041
2167	2168	S 25°43'16.30" W	50.002	2168	2,131,043.9898	424,486.7478
2168	2169	S 25°32'16.76" W	56.241	2169	2,130,993.2436	424,462.5018
2175	2176	S 56°24'03.61" E	108.004	2176	2,130,655.3301	424,437.5626

Figura 32. Geometría del trazo del Boulevard

d) Calendario de actividades

Nº	Norma o Especificación	Descripción	Cantidad de Obra	Unidad	PROGRAMA DE OBRA			
					Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
CTR Construcción								
1 Catálogo de Conceptos								
01 Terracerías								
1	N-CTR-CAR-1-01-001/11	Desmonte	3,278.45	m²	X			
2	N-CTR-CAR-1-01-002/11	Despalme	5,516.65	m³	X			
3	N-CTR-CAR-1-01-003/11	Cortes	23,609.31	m³	X			
4	N-CTR-CAR-1-01-011/11	Rellenos	8,275.28	m³	X			
02 Estructuras								
5	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Guarniciones	6,844.29	m		X		
6	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Banquetas	8,213.15	m²		X		
7	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Relleno	821.31	m³		X		
8	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Demolición de concreto simple (banquetas), incluye acarreo P.U.O.T	240.00	m³		X		
9	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Demolición de empedrado, incluye acarreo P.U.O.T	5,215.56	m³		X		
04 Pavimentos								
10	N-CTR-CAR-4-02-001/11	Subbase hidráulica, con materiales pétreos procedentes de bancos de proyecto, compactada al 95 % conforme lo indicado en el proyecto, por unidad de obra terminada.	5,516.85	m³		X	X	
11	N-CTR-CAR-4-02-001/11	Base hidráulica, con materiales pétreos procedentes de bancos de proyecto, compactada al 100 % conforme lo indicado en el proyecto, por unidad de obra terminada.	5,516.85	m³		X	X	
12	N-CTR-CAR-1-04-003/04	Carpeta de concreto hidráulico	3,083.82	m³		X	X	
13	N-CSV-CAR-3-02-006/10	Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos	10,458.53	m²		X	X	
14	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Riego de impregnación (Emulsión asfáltica)	22,623.69	m²		X	X	
15	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Riego de impregnación (Arena para cubrir el riego de impregnación)	113.12	m³		X	X	
16	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Carpeta asfáltica con mezcla en caliente	2,262.37	m³		X	X	
17	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Sello de la superficie de carpeta asfáltica	22,623.69	m²		X	X	
Alumbrado Público								
18		Suministro e instalación de alumbrado público, incluye cimentación, lámparas y todo lo necesario para su correcta ejecución	125.00	Pza				X
5 Limpieza, renivelación y trabajos diversos								
19		Reparación de toma domiciliaria	200.00	Pza		X	X	
20		Reparación de descarga domiciliaria	200.00	Pza		X	X	
21		Renivelación de brocales y tapas para pozos de visita	100.00	Pza		X	X	
22		Renivelación de rejilla pluvial	100.00	Pza		X	X	
6 Obras Inducidas								
23		Obras Inducidas	1.00	Pza	X	X	X	X
07 Señalamiento y Dispositivos de Seguridad								
24		SEÑALAMIENTO HORIZONTAL y VERTICAL						
25		MARCAS EN EL PAVIMENTO						
26	N-CTR-CAR-1-07-001/00	Marcas en el pavimento y vialetas	1.00	Pza				X
27		SEÑALES VERTICALES BAJAS						
28	N-CTR-CAR-1-07-005/00	SEÑALES VERTICALES BAJAS	1.00	pza				X

Tabla 35. Calendario de actividades

Fuente: Elaboración propia.

El plazo de ejecución de los trabajos será de 4 meses

e) Monto de Inversión

Para la etapa de ejecución se estimó un monto total de \$ 97,991,812.35 pesos de 2022, lo que implica un impuesto de \$ 13,516,112.05 pesos de 2022. A continuación, se presenta el desglose de la inversión del proyecto por partida.

Nº	Norma o Especificación	Descripción	Cantidad de Obra	Unidad	Precio Unitario con número	Importe en \$
CTR 1 Construcción						
1 Catálogo de Conceptos						
01 Terracerías						
1	N-CTR-CAR-1-01-001/11	Desmonte (retiro de plantas y árboles que se presenten en el trazo de la vialidad)	3,278.45	m²	\$ 136.19	\$ 446,492.11
2	N-CTR-CAR-1-01-002/11	Despalme (remoción del material superficial del terreno hasta los cerros del corte o terraplen, según proyecto)	5,516.65	m³	\$ 136.19	\$ 751,312.56
3	N-CTR-CAR-1-01-003/11	Cortes (Excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra)	23,609.31	m³	\$ 202.30	\$ 4,776,163.41
4	N-CTR-CAR-1-01-011/11	Rellenos (Colocación de materiales seleccionados o no, en excavaciones hechas para estructuras, obras de drenaje y subdrenaje, cuñas de terraplenes contiguos a estructuras, así como en trincheras estabilizadoras)	8,275.28	m³	\$ 592.56	\$ 4,903,599.92
						\$ 10,877,568.00
						\$ 10,877,568.00
02 Estructuras						
10	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Guarniciones (Elementos parcialmente enterrados, colados en el lugar con concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm², que se emplean para delimitar las banquetas)	6,844.29	m	\$ 301.17	\$ 2,061,294.82
11	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Banquetas (Zonas destinadas al tránsito de peatones en vialidades urbanas, colados en el lugar con concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm², con un ancho de 1.50 m, y espesor de 10 cm)	8,213.15	m²	\$ 305.62	\$ 2,510,102.90
12	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Relleno	821.31	m³	\$ 471.49	\$ 387,239.45
13	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Demoliciones de concreto hidráulico reforzado y desmantelamientos en propiedad privada, el material producto de los trabajos se desperdicia en el banco que indique la dependencia, por unidad de obra terminada	240.00	m³	\$ 355.79	\$ 85,389.60
14	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Demolición de concreto simple (guarniciones), incluye acarreo P.U.O.T	-	m³	\$ 355.79	\$ -
15	N-CTR-CAR-1-02-010/00	Demolición de empedrado, incluye acarreo P.U.O.T	5,215.56	m²	\$ 403.82	\$ 2,106,147.44
						\$ 7,150,174.21
						\$ 18,027,742.21
04 Pavimentos						
24	N-CTR-CAR-4-02-001/11	Subbase hidráulica, con materiales pétreos procedentes de bancos de proyecto, compactada al 95 % conforme lo indicado en el proyecto, por unidad de obra terminada.	5,516.85	m³	\$ 399.05	\$ 2,201,498.99
24	N-CTR-CAR-4-02-001/11	Base hidráulica, con materiales pétreos procedentes de bancos de proyecto, compactada al 100 % conforme lo indicado en el proyecto, por unidad de obra terminada.	5,516.85	m³	\$ 489.00	\$ 2,697,739.65
27	N-CTR-CAR-1-04-003/04	Carpetas de concreto hidráulico (Concreto hidráulico reforzado en estructuras coladas en el sitio con f'c = 200 kg/cm² en losas)	3,083.82	m³	\$ 3,950.00	\$ 12,181,089.00
28	N-CSV-CAR-3-02-006/10	Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos (Conjunto de actividades que se realizan con una fresadora para eliminar las deformaciones superficiales en la carpeta asfáltica, a fin de desplantar una nueva capa de rodadura)	10,458.53	m²	\$ 52.78	\$ 552,001.21
29	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Riego de impregnación (Emulsión asfáltica). Consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo como la base del pavimento, con el objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.	22,623.69	m²	\$ 23.85	\$ 539,575.01
30	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Riego de impregnación (Areno para cubrir el riego de impregnación)	113.12	m³	\$ 449.50	\$ 50,847.44
31	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Carpeta asfáltica con mezcla en caliente, se constituyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico (AC-20)	2,262.37	m³	\$ 4,350.00	\$ 9,841,309.50
31	N-CTR-CAR-1-04-006/14	Sello de la superficie de carpeta asfáltica	22,623.69	m²	\$ 82.26	\$ 1,861,024.74
						\$ 29,925,085.54
						\$ 47,952,827.75
07 Alumbrado Público						
29		Suministro e instalación de alumbrado público, incluye cimentación, lámparas y todo lo necesario para su correcta ejecución	125.00	Pza	\$ 48,649.51	\$ 6,081,188.75
						\$ 6,081,188.75
						\$ 54,034,016.50
07 Limpieza, renovación y trabajos diversos						
29		Reparación de toma domiciliaria	200.00	Pza	\$ 1,515.38	\$ 303,076.00
30		Reparación de descarga domiciliaria	200.00	Pza	\$ 1,549.63	\$ 309,926.00
31		Renivelación de brocales y tapas para pozos de visita	100.00	Pza	\$ 2,149.12	\$ 214,912.00
32		Renivelación de rejilla pluvial	100.00	Pza	\$ 1,063.77	\$ 106,377.00
						\$ 934,291.00
						\$ 54,968,307.50
07 Obras Inducidas						
33		Reubicación de postes de CFE, reubicación necesaria por los trabajos de ampliación de la vialidad, se subcontrata a empresas especializadas para dichos trabajos	8.00	Pza	\$ 2,055,570.89	\$ 16,444,567.08
34		Reparación de tubería de Drenaje pluvial y sanitario	560.00	ml	\$ 9,299.01	\$ 5,207,446.24
34		Reparación de tubería de agua potable	650.00	ml	\$ 8,654.77	\$ 5,625,598.48
						\$ 27,407,611.80
						\$ 82,375,919.30
07 Señalamiento y Dispositivos de Seguridad						
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL						
MARCAS EN EL PAVIMENTO						
35	N-CTR-CAR-1-07-001/00	Marcas en el pavimento y vialitas, es el conjunto de marcas en la vialidad y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras. Con el propósito de delimitar las características geométricas de las vialidades urbanas	1.00	Pza	\$ 1,947,703.48	\$ 1,947,703.48
SEÑALES VERTICALES BAJAS						
36	N-CTR-CAR-1-07-005/00	Señales verticales bajas, es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos	1.00	pza	\$ 152,077.52	\$ 152,077.52
						\$ 2,099,781.00
						\$ 84,475,700.30
						\$ 13,516,112.05
						\$ 97,991,812.35
La base de pago se especifica en la norma correspondiente.					ACUMULADO	\$ 84,475,700.30
					IVA 16%	\$ 13,516,112.05
					TOTAL	\$ 97,991,812.35

Tabla 36. Presupuesto del proyecto
Fuente: Elaboración propia.

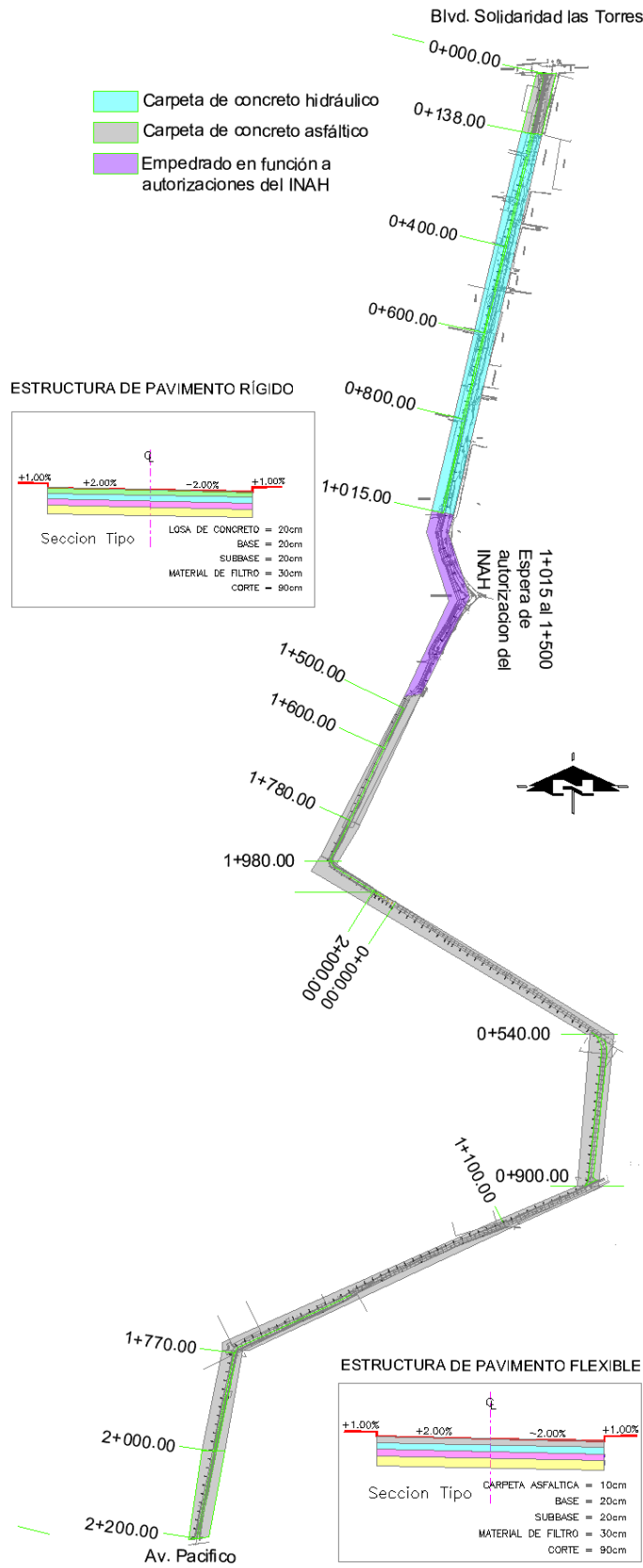


Figura 33. Tramos de concreto Rígido y Flexible

f) Fuentes de financiamiento

La fuente de recursos es Estatal, procedente del **Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD)**.

g) Capacidad Instalada

Con la puesta en operación del proyecto se tendrán beneficios significativos para los usuarios, lo cual conlleva a una mayor competitividad de la región, al contar con una carretera de mejores especificaciones que permitirá el acceso a la población y a las carreteras que conecta, lo cual hará el movimiento de mercancías más eficiente.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, además de la percepción de conductores o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores como velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobras, comodidad, conveniencia y seguridad vial.

En la siguiente tabla se puede observar que con la puesta en operación del Boulevard Zinacantepec se mejora el nivel de Servicio de las calles Jesús Reyes Heróles y José María Herendia, para ello se puede comparar la tabla 20 con la tabla 37.

Año	Av. Las Torres		Av. Las Torres		Toluca - Cd. Altamirano		Toluca - Cd. Altamirano		Av. Del Nevado		Av. Jesús Reyes Heróles		Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza		Calle José María Herendia		Boulevard Zinacantepec		
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	
0	2022	40422	B	67176	C	68512	B	49562	A	16070	A	21738	A	67036	B	14967	A	11294	A
1	2023	41897	B	69655	C	71013	B	51391	A	16657	A	22531	A	69483	B	15513	A	11706	A
2	2024	43427	B	72134	C	73605	B	53220	A	17265	A	23354	A	72019	B	16080	A	12134	A
3	2025	45012	B	74612	C	76291	B	55049	A	17895	A	24206	A	74648	B	16666	A	12576	A
4	2026	46655	B	77091	D	79076	B	56877	B	18548	A	25090	A	77372	B	17275	A	13035	A
5	2027	48358	B	79570	D	81962	B	58706	B	19225	A	26006	A	80196	B	17905	A	13511	A
6	2028	50123	B	82049	F	84954	B	60535	B	19927	A	26955	A	83124	B	18559	A	14004	A
7	2029	51952	B	84528	F	88055	C	62364	B	20654	A	27939	A	86158	C	19236	B	14516	A
8	2030	53848	B	87006	F	91269	C	64193	B	21408	A	28958	A	89302	C	19938	B	15045	A
9	2031	55814	B	89485	F	94600	C	66022	B	22189	A	30015	A	92562	C	20666	B	15595	A
10	2032	57851	C	91964	F	98053	C	67850	B	22999	A	31111	A	95940	C	21420	B	16164	A
11	2033	59963	C	94443	F	101632	C	69679	B	23838	A	32246	A	99442	C	22202	B	16754	A
12	2034	62151	C	96922	F	105341	C	71508	B	24709	A	33423	A	103072	C	23013	B	17365	A
13	2035	64420	C	99400	F	109186	C	73337	B	25610	A	34643	A	106834	C	23853	B	17999	A
14	2036	66771	C	101879	F	113171	C	75166	B	26545	A	35908	A	110733	C	24723	B	18656	A
15	2037	69208	C	104358	F	117302	D	76995	B	27514	A	37219	A	114775	D	25626	B	19337	B
16	2038	71734	C	106837	F	121584	F	78823	B	28518	B	38577	B	118964	D	26561	B	20043	B
17	2039	74353	C	109316	F	126022	F	80652	B	29559	B	39985	B	123307	F	27530	B	20774	B
18	2040	77066	D	111794	F	130621	F	82481	B	30638	B	41445	B	127807	F	28535	B	21533	B
19	2041	79879	F	114273	F	135389	F	84310	B	31757	B	42957	B	132472	F	29577	C	22318	B
20	2042	82795	F	116752	F	140331	F	86139	C	32916	B	44525	B	137307	F	30656	C	23133	B
21	2043	85817	F	119231	F	145453	F	87968	C	34117	B	46150	B	142319	F	31775	C	23977	B
22	2044	88949	F	121709	F	150762	F	89796	C	35362	B	47835	B	147514	F	32935	C	24853	B
23	2045	92196	F	124188	F	156265	F	91625	C	36653	B	49581	B	152898	F	34137	C	25760	B
24	2046	95561	F	126667	F	161968	F	93454	C	37991	B	51391	B	158479	F	35383	C	26700	B
25	2047	99049	F	129146	F	167880	F	95283	C	39378	B	53266	B	164263	F	36675	C	27675	B
26	2048	102664	F	131625	F	174008	F	97112	C	40815	B	55210	B	170259	F	38013	C	28685	C
27	2048	106412	F	134103	F	180359	F	98941	C	42305	B	57226	B	176473	F	39401	D	29732	C
28	2049	110296	F	136582	F	186942	F	100769	C	43849	C	59314	C	182915	F	40839	F	30817	C
29	2050	114321	F	139061	F	193766	F	102598	C	45449	C	61479	C	189591	F	42330	F	31942	C
30	2051	118494	F	141540	F	200838	F	104427	C	47108	C	63723	C	196511	F	43875	F	33108	C

Tabla 37. Capacidad de la vialidades de la zona de proyecto
Fuente: Elaboración propia

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las que se muestran en la siguiente tabla.

Conceptos	Año 1
Preeliminarios y terracerías	\$10,877,568
Estructuras	\$7,150,174.21
Pavimentos	\$29,925,085.54
Alumbrado	\$6,081,188.75
Limpieza, renivelación, etc-	\$934,291.00
Señalamiento	\$2,099,781
Obras inducidas	\$27,407,611.80
Derecho de Vía	No aplica
IVA	\$13,516,112.05
Monto total C/ IVA	\$97,991,812.35
% Avance	100%
Acumulado	100%

Tabla 38 Metas del proyecto
Fuente: Elaboración propia

i) Vida Útil

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, debido a que el primer año es el tiempo que se lleva la construcción.

Tabla 39 Vida útil del proyecto
Fuente: Elaboración propia

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios legales

El Proyecto es jurídicamente viable toda vez que cumple con los términos y condiciones establecidos en la legislación en materia carretera, así como con las normas oficiales

mexicanas y demás disposiciones legales aplicables para su desarrollo. El Proyecto se fundamenta en las siguientes disposiciones:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General de Bienes Nacionales.
- Ley de Vías Generales de Comunicación.
- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley de Asociaciones Público-Privadas y su Reglamento.
- Normas Oficiales Mexicanas

Estudios Ambientales

Se cuenta con Manifestación de Impacto Ambiental.

k) Análisis de la Oferta

Para la situación con proyecto, considerando su entrada en operación, mejorará de forma considerable la velocidad y comodidad de operación, por lo que las demoras disminuirán drásticamente y se tendrá una vialidad de flujo continuo, dando un nivel de servicio “A”.

Es importante mencionar que con la realización del proyecto de infraestructura presentado se disminuirán accidentes, se impulsará el desarrollo económico y social, y mejorará el nivel de servicio de la carretera para el volumen de tránsito que utiliza el tramo, de tal manera que la demanda será cubierta con la oferta propuesta y los costos que correspondientes a tiempos de recorrido y operación vehicular se reducirán de forma sensible, en beneficio de la comunidad.

En ese sentido, una vez que entre en operación el proyecto, la oferta de infraestructura en el tramo quedaría como sigue:

Nº	TRAMO	LONGITUD KM	TIPO DE VÍA	Nº CARRIL	ANCHO SECCIÓN	VELOCIDAD RESTRINGIDA KM/H	IRI
1	Boulevard Zinacantepec	4.2579	Boulevard	2	9.0	40.00	2.3

Tabla 40 Oferta del proyecto
Fuente: *Elaboración propia*

I) Análisis de la Demanda

La demanda del proyecto se obtuvo a través de la integración de la información de oferta y demanda proporcionada por los estudios de tránsito, además de considerar información relevante según la experiencia del consultor en proyectos similares.

Se consideró que el TPDA por medio de producciones y atracciones de viajes, con base en el estudio de tránsito, el cual se anexa, asimismo, se realizó un pronóstico de tránsito.

Asignación del Tránsito en la vialidad de proyecto, Boulevard Zinacantepec al año 2022

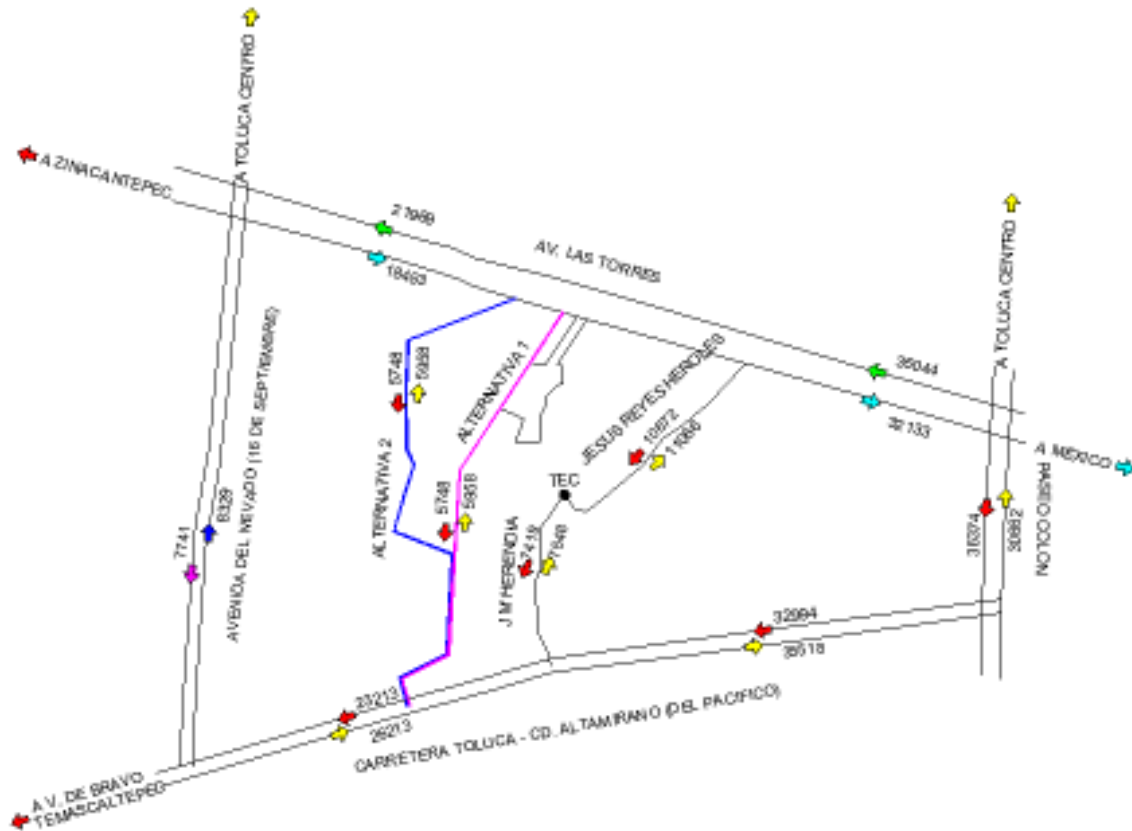


Figura 34. TPDA en las vialidades del perímetro de la vialidad de proyecto

Como se puede observar en la figura anterior, del lado poniente de la vialidad las torres y la carretera Toluca ciudad Altamirano circulan menos tránsito que del lado oriente de estas, dicha diferencia de tránsito se distribuye entre ambos lados de las vialidades por la Av Jesús Reyes Heróles, por lo cual la vialidad de proyecto aliviara el tránsito en la Av. Jesús Reyes Heróles, por lo cual se asigna un 35% del tránsito de dicha Avenida.

Aplicando el 35% del TPDA de la Av. Jesús Reyes Heróles al Boulevard se obtienen el TPDA actual al 2022, el cual da de **11 706** vehículos.

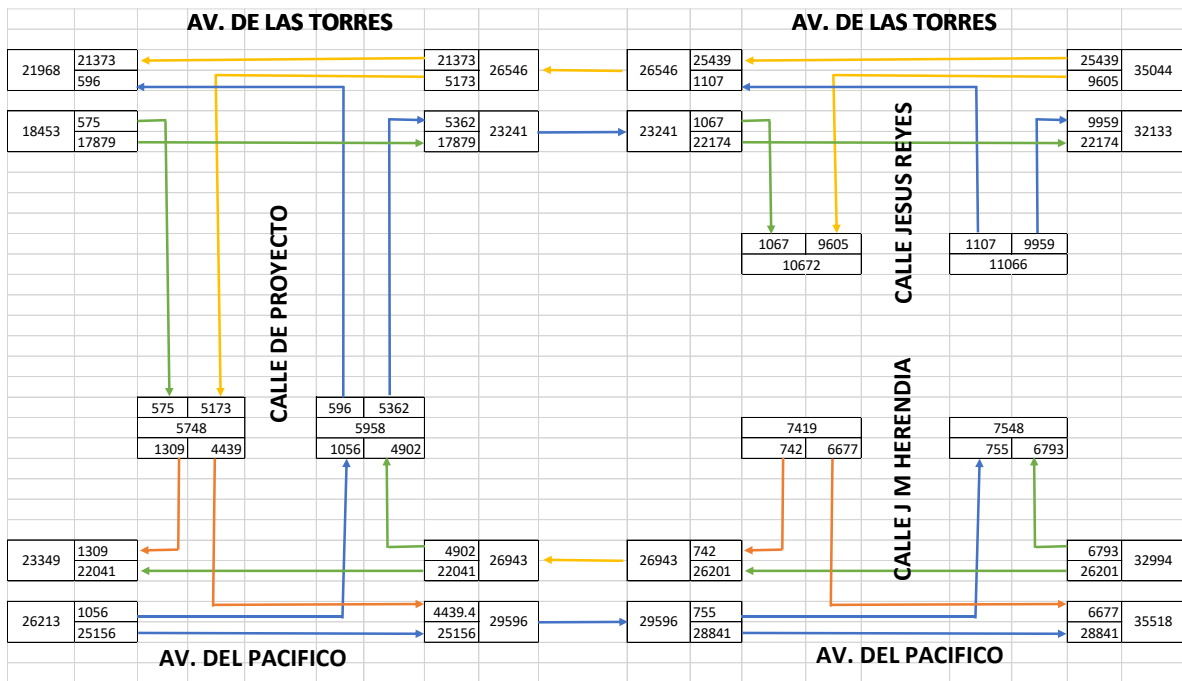


Figura 35. TDP en las vialidades de proyecto

m) Interacción Oferta-Demanda

De acuerdo con los datos de tránsito obtenidos, se llevó a cabo un análisis de capacidad del proyecto, para conocer el comportamiento de este y de las vialidades analizadas a través del horizonte de evaluación, de donde se observa que el proyecto atenderá la demanda durante el horizonte de planeación con un nivel de servicio óptimo.

Año	Av. Las Torres		Av. Las Torres		Toluca - Cd. Altamirano		Toluca - Cd. Altamirano		Av. Del Nevado		Av. Jesús Reyes Heróles		Av. Paseo Colón y Av. Jesús Carranza		Calle José María Herendia		Boulevard Zinacantan		
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS	
0	2022	40422	B	67176	C	68512	B	49562	A	16070	A	21738	A	67036	B	14967	A	11294	A
1	2023	41897	B	69655	C	71013	B	51391	A	16657	A	22531	A	69483	B	15513	A	11706	A
2	2024	43427	B	72134	C	73605	B	53220	A	17265	A	23354	A	72019	B	16080	A	12134	A
3	2025	45012	B	74612	C	76291	B	55049	A	17895	A	24206	A	74648	B	16666	A	12576	A
4	2026	46655	B	77091	D	79076	B	56877	B	18548	A	25090	A	77372	B	17275	A	13035	A
5	2027	48358	B	79570	D	81962	B	58706	B	19225	A	26006	A	80196	B	17905	A	13511	A
6	2028	50123	B	82049	F	84954	B	60535	B	19927	A	26955	A	83124	B	18559	A	14004	A
7	2029	51952	B	84528	F	88055	C	62364	B	20654	A	27939	A	86158	C	19236	B	14516	A
8	2030	53848	B	87006	F	91269	C	64193	B	21408	A	28958	A	89302	C	19938	B	15045	A
9	2031	55814	B	89485	F	94600	C	66022	B	22189	A	30015	A	92562	C	20666	B	15595	A
10	2032	57851	C	91964	F	98053	C	67850	B	22999	A	31111	A	95940	C	21420	B	16164	A
11	2033	59963	C	94443	F	101632	C	69679	B	23838	A	32246	A	99442	C	22202	B	16754	A
12	2034	62151	C	96922	F	105341	C	71508	B	24709	A	33423	A	103072	C	23013	B	17365	A
13	2035	64420	C	99400	F	109186	C	73337	B	25610	A	34643	A	106834	C	23853	B	17999	A
14	2036	66771	C	101879	F	113171	C	75166	B	26545	A	35908	A	110733	C	24723	B	18656	A
15	2037	69208	C	104358	F	117302	D	76995	B	27514	A	37219	A	114775	D	25626	B	19337	B
16	2038	71734	C	106837	F	121584	F	78823	B	28518	B	38577	B	118964	D	26561	B	20043	B
17	2039	74353	C	109316	F	126022	F	80652	B	29559	B	39985	B	123307	F	27530	B	20774	B
18	2040	77066	D	111794	F	130621	F	82481	B	30638	B	41445	B	127807	F	28535	B	21533	B
19	2041	79879	F	114273	F	135389	F	84310	B	31757	B	42957	B	132472	F	29577	C	22318	B
20	2042	82795	F	116752	F	140331	F	86139	C	32916	B	44525	B	137307	F	30656	C	23133	B
21	2043	85817	F	119231	F	145453	F	87968	C	34117	B	46150	B	142319	F	31775	C	23977	B
22	2044	88949	F	121709	F	150762	F	89796	C	35362	B	47835	B	147514	F	32935	C	24853	B
23	2045	92196	F	124188	F	156265	F	91625	C	36653	B	49581	B	152898	F	34137	C	25760	B
24	2046	95561	F	126667	F	161968	F	93454	C	37991	B	51391	B	158479	F	35383	C	26700	B
25	2047	99049	F	129146	F	167880	F	95283	C	39378	B	53266	B	164263	F	36675	C	27675	B
26	2048	102664	F	131625	F	174008	F	97112	C	40815	B	55210	B	170259	F	38013	C	28685	C
27	2048	106412	F	134103	F	180359	F	98941	C	42305	B	57226	B	176473	F	39401	D	29732	C
28	2049	110296	F	136582	F	186942	F	100769	C	43849	C	59314	C	182915	F	40839	F	30817	C
29	2050	114321	F	139061	F	193766	F	102598	C	45449	C	61479	C	189591	F	42330	F	31942	C
30	2051	118494	F	141540	F	200838	F	104427	C	47108	C	63723	C	196511	F	43875	F	33108	C

Tabla 41 Interacción Oferta – Demanda del proyecto
Fuente: Elaboración propia

V. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

A continuación, se presentan la identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto, los cuales se dividen en costos de inversión, costos de operación y mantenimiento.

1) Costos de Inversión

Se considera un monto de **\$97.99181235** millones de pesos de 2022 en la etapa de ejecución del proyecto como costos de inversión. El proyecto se llevará a cabo en un lapso de 4 meses, aunque para efectos de evaluación se consideran 1 año.

El desglose de la inversión del proyecto por partida se presenta en el inciso e del apartado “IV. Situación con el PPI”

2) Costos de Conservación

El valor presente de la construcción y de la conservación de la vialidad, se muestran en la siguiente tabla:

	costo	
CONSTRUCCION	97,991,812.35	
RUTINARIA	60,778	\$/km
PERIODICA	1,416,036	\$/km
RECONSTRUCCION	4,830,666	\$/km

Tabla 42 Costos por tipo de conservación del proyecto
Fuente: Elaboración propia

3) Resumen de Costos del Proyecto en Valor Presente

A continuación, se presenta la valoración de los costos de construcción y conservación del proyecto en valor presente en millones de pesos.

IRI	ALTERNATIVA II			
	CONSTRUCCION	RUTINARIA	PERIODICA	RECONSTRUCCION
0	84.476			
2.3		0.259		
2.4		0.259		
2.6		0.259		
3.1		0.259		
4.0			6.032	
2.2		0.259		
2.4		0.259		
2.6		0.259		
3.1		0.259		
3.9		0.259		
5.0				20.579
2.2		0.259		
2.3		0.259		
2.4		0.259		
2.6		0.259		
3.1		0.259		
3.9		0.259		
5.0				20.579
2.2		0.259		
2.3		0.259		
2.4		0.259		
2.6		0.259		
3.1		0.259		
3.3		0.259		
4.0			6.032	

Tabla 43 Resumen de costos de construcción y conservación del proyecto
Fuente: Elaboración propia

b) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Los beneficios del proyecto corresponden a la disminución de los costos por tiempos de viaje, derivados de que, con los trabajos de construcción de la vialidad, se aumentará la velocidad de operación del Boulevard Zinacantepec a 40 km/h y con la situación sin proyecto en el año, se circula a una velocidad máxima de 30 km/h. asimismo, se generan beneficios por la disminución de los costos de operación vehicular derivados del

mejoramiento de la superficie de rodamiento. En la siguiente tabla, se muestran los costos totales de la situación actual y de la alternativa de solución.

AÑO	AE	ACTUAL			OPTIMIZADA		ALTERNATIVA II		
		COV	CTR	CC	COV	CTR	COV	CTR	CC
2022	0								84.476
2022	1	699.090979	80.0000472	0	699.091	70.175	646.493	53.806	0.259
2024	2	728.475241	82.9200489	0	728.475	72.736	673.657	55.770	0.259
2025	3	759.07319	85.9466307	0	759.073	75.391	702.294	57.805	0.259
2026	4	789.549306	89.0836827	0	789.549	78.143	732.063	59.915	0.259
2027	5	792.528428	92.3352371	0	792.528	80.995	740.617	62.102	6.032
2028	6	824.431557	95.7054733	0	824.432	83.952	763.084	64.369	0.259
2029	7	857.607768	99.198723	0	857.608	87.016	794.323	66.718	0.259
2030	8	896.903055	102.819476	0	896.903	90.192	830.828	69.154	0.259
2031	9	942.894951	106.572387	0	942.895	93.484	874.397	71.678	0.259
2032	10	1012.23537	110.462279	0	1012.235	96.896	939.114	74.294	0.259
2033	11	982.722022	114.494153	0	982.722	100.433	927.234	77.006	20.579
2034	12	1020.43637	118.673189	0	1020.436	104.099	944.672	79.816	0.259
2035	13	1059.59464	123.004761	0	1059.595	107.898	981.252	82.730	0.259
2036	14	1102.23412	127.494434	0	1102.234	111.836	1020.898	85.749	0.259
2037	15	1152.7381	132.147981	0	1152.738	115.918	1067.816	88.879	0.259
2038	16	1213.97833	136.971383	0	1213.978	120.149	1125.589	92.123	0.259
2039	17	1218.5589	141.970838	0	1218.559	124.535	1138.743	95.486	6.032
2040	18	1267.61183	147.152774	0	1267.612	129.080	1173.287	98.971	0.259
2041	19	1318.6222	152.52385	0	1318.622	133.792	1221.318	102.583	0.259
2042	20	1379.04101	158.09097	0	1379.041	138.675	1277.447	106.328	0.259
2043	21	1449.75624	163.861291	0	1449.756	143.737	1344.436	110.209	0.259
2044	22	1556.3712	169.842228	0	1556.371	148.983	1443.943	114.231	0.259
2045	23	1510.9927	176.041469	0	1510.993	154.421	1425.676	118.401	20.579
2046	24	1568.98072	182.466983	0	1568.981	160.058	1452.488	122.722	0.259
2047	25	1629.18885	189.127028	0	1629.189	165.900	1508.732	127.202	0.259
2048	26	1694.74955	196.030164	0	1694.750	171.955	1569.690	131.845	0.259
2049	27	1772.40238	203.185265	0	1772.402	178.231	1641.829	136.657	0.259
2050	28	1843.64346	210.601527	0	1843.643	184.737	1711.530	141.645	0.259
2051	29	1934.69236	218.288483	0	1934.692	191.480	1795.615	146.815	0.259
2052	30	1934.95719	226.256013	0	1934.957	198.469	1808.919	152.174	6.032

Tabla 44 Costos totales del proyecto
Fuente: Elaboración propia

En donde:

COV= Costos de Operación Vehicular

CTR= Costos por Tiempos de Traslado

CC= Costos por Conservación

En la siguiente tabla se muestran los beneficios de la alternativa de solución

AÑO	AE	ALTERNATIVA II				
		COV	CTR	CA	CC	B
2022	0	0	0		84.476	0
2023	1	52.598	16.369		0.259	68.967
2024	2	54.818	16.967		0.259	71.785
2025	3	56.779	17.586		0.259	74.365
2026	4	57.487	18.228		0.259	75.714
2027	5	51.911	18.893		6.032	70.804
2028	6	61.347	19.583		0.259	80.930
2029	7	63.285	20.297		0.259	83.582
2030	8	66.075	21.038		0.259	87.113
2031	9	68.498	21.806		0.259	90.305
2032	10	73.121	22.602		0.259	95.723
2033	11	55.488	23.427		20.579	78.915
2034	12	75.765	24.282		0.259	100.047
2035	13	78.343	25.168		0.259	103.511
2036	14	81.336	26.087		0.259	107.423
2037	15	84.922	27.039		0.259	111.962
2038	16	88.389	28.026		0.259	116.415
2039	17	79.816	29.049		6.032	108.865
2040	18	94.325	30.110		0.259	124.435
2041	19	97.304	31.209		0.259	128.513
2042	20	101.594	32.348		0.259	133.942
2043	21	105.320	33.528		0.259	138.849
2044	22	112.428	34.752		0.259	147.180
2045	23	85.316	36.021		20.579	121.337
2046	24	116.493	37.335		0.259	153.828
2047	25	120.457	38.698		0.259	159.155
2048	26	125.059	40.111		0.259	165.170
2049	27	130.573	41.575		0.259	172.148
2050	28	132.113	43.092		0.259	175.205
2051	29	139.078	44.665		0.259	183.742
2052	30	126.038	46.295		6.032	172.333
		2636.079	866.186	0.000	150.203	12648.457

Tabla 45 Beneficios totales del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de los indicadores de rentabilidad

En la siguiente tabla, se presenta el flujo de costos y beneficios del proyecto en el horizonte de evaluación, así como el resultado de los beneficios netos anuales determinados mediante la diferencia entre los valores de los costos y beneficios del proyecto para cada uno de los años.

ALTERNATIVA II				
VPN	B/C	TIR	TRI	
763.181	84.2	67.5%	82%	

Tabla 46 Indicadores de rentabilidad del proyecto
 Fuente: Elaboración propia

El valor presente neto social fue estimado en **\$ 763.18 millones de pesos del 2021**, la tasa interna de retorno social es de **67.5 %**, la cual es superior a la tasa social descuento que es del 10%. Los criterios de rentabilidad calculados (VAN y TIR) indican que el proyecto es rentable socialmente. La tasa de rentabilidad inmediata (TRI) del año **2020** es mayor a la tasa social de descuento por lo que los mayores beneficios sociales se tienen si el año de inicio de inversión es en 2020.

c) **Análisis de sensibilidad**

Con base en las variables relevantes del proyecto se realizó un análisis de sensibilidad en el que se aumentó en 1.2 el monto de inversión, los costos de operación y conservación, y se disminuyeron al 0.8 los beneficios relacionados con la demanda (el TDPA).

AÑO	AE	ALTERNATIVA II				
		COV	CTR	CA	CC	B
2021	0	0	0		101.371	0
2022	1	42.079	16.369		0.259	58.448
2023	2	43.855	16.967		0.259	60.821
2024	3	45.423	17.586		0.259	63.009
2025	4	45.989	18.228		0.259	64.217
2026	5	41.529	18.893		6.032	60.422
2027	6	49.078	19.583		0.259	68.661
2028	7	50.628	20.297		0.259	70.925
2029	8	52.860	21.038		0.259	73.898
2030	9	54.799	21.806		0.259	76.605
2031	10	58.497	22.602		0.259	81.099
2032	11	44.391	23.427		20.579	67.818
2033	12	60.612	24.282		0.259	84.894
2034	13	62.674	25.168		0.259	87.843
2035	14	65.069	26.087		0.259	91.156
2036	15	67.938	27.039		0.259	94.977
2037	16	70.711	28.026		0.259	98.738
2038	17	63.853	29.049		6.032	92.902
2039	18	75.460	30.110		0.259	105.570
2040	19	77.843	31.209		0.259	109.052
2041	20	81.275	32.348		0.259	113.623
2042	21	84.256	33.528		0.259	117.784
2043	22	89.943	34.752		0.259	124.695
2044	23	68.253	36.021		20.579	104.274
2045	24	93.194	37.335		0.259	130.529
2046	25	96.365	38.698		0.259	135.063
2047	26	100.048	40.111		0.259	140.158
2048	27	104.459	41.575		0.259	146.033
2049	28	105.690	43.092		0.259	148.783
2050	29	111.262	44.665		0.259	155.927
2051	30	100.830	46.295		6.032	147.125
		2108.863	866.186	0.000	167.098	6257.717

Tabla 47 Beneficios del análisis de sensibilidad
Fuente: *Elaboración propia*

El proyecto es rentable socialmente con las disminuciones y aumento anteriormente descritos.

ALTERNATIVA II				
VPN	B/C	TIR	TRI	
615.810	37.4	45.6%	58%	

Tabla 48 Indicadores de rentabilidad del análisis de sensibilidad
Fuente: *Elaboración propia*

d) **Análisis de Riesgos**

Dentro de los riesgos principales a tenerse en cuenta en cualquiera de los esquemas financieros que se diseñen estarán los siguientes:

Descripción	Impacto
Falta de autorización de permisos para la construcción	<p>No factibilidad del proyecto</p> <p>El proyecto es legal y ambientalmente viable, para lo cual deberán tramitarse las autorizaciones correspondientes tanto en el ámbito local como federal. No se identificó ningún impedimento legal para la obtención de permisos.</p>
Sobrecostos asociados a la construcción	<p>Incremento en Costos</p> <p>Se contempla mitigar el riesgo de construcción mediante la realización de los proyectos ejecutivos de las obras y transferir este riesgo a constructoras con demostrada experiencia de éxito en obras de complejidad similar.</p>
Riesgo de demanda	<p>Disminución de Beneficios</p> <p>El proyecto cuenta con un estudio de demanda basado en el comportamiento histórico del tránsito (Datos Viales SCT), con supuestos conservadores en la estimación de vehículos.</p>

Tabla 49 Riesgos asociados al proyecto
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la evaluación, se obtuvo un valor presente neto (**VPN 2021**) de **763.18 millones de pesos**, una tasa interna de retorno (**TIR**) de **67.5 por ciento** y una tasa de rentabilidad inmediata (**TRI 2021**) de **82 por ciento**. Por lo anterior, se concluye que el proyecto es rentable socialmente y que es conveniente para el país su ejecución. El proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL BOULEVARD EN LA TERMINAL ZINACANTEPEC DEL TREN INTERURBANO MÉXICO – TOLIUCA, EN EL MUNICIPIO DE ZINACANTEPEC, ESTADO DE MÉXICO”, es técnica, jurídica y ambientalmente viable, los costos son razonables en comparación con proyectos similares, los beneficios sociales

BIBLIOGRAFÍA

Centro Mario Molina para estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente A.C. (Diciembre de 2014). Estudio del sistema integral de movilidad sustentable para el Valle de Toluca. México Distrito Federañ.

IMT. (2019). *COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO 2019*. SAN FANDILA, HIDALGO: IMT.

Mayor, R. C. (2007). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones*. México: Alfaomega.

SCT. (2016). *Estudios de origen - Destino y peso*. Obtenido de <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/origen-y-destino/>

SCT. (01 de 09 de 2020). *Libros de Datos Viales*. Obtenido de <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2020/>

Responsables de la Información

- 1. **Ramo:** Programa de Acciones para el Desarrollo
- 2. **Entidad:** Estado de México

Área Responsable: Dirección General de Vialidad

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Ramón Sabas Jiménez Fonseca	Director de Coordinación y Supervisión de Obras		27/05/22

Versión	Fecha
7	27/05/22

*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.