

Análisis Costo-Beneficio¹

Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres, municipio de Lerma, Estado de México

Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

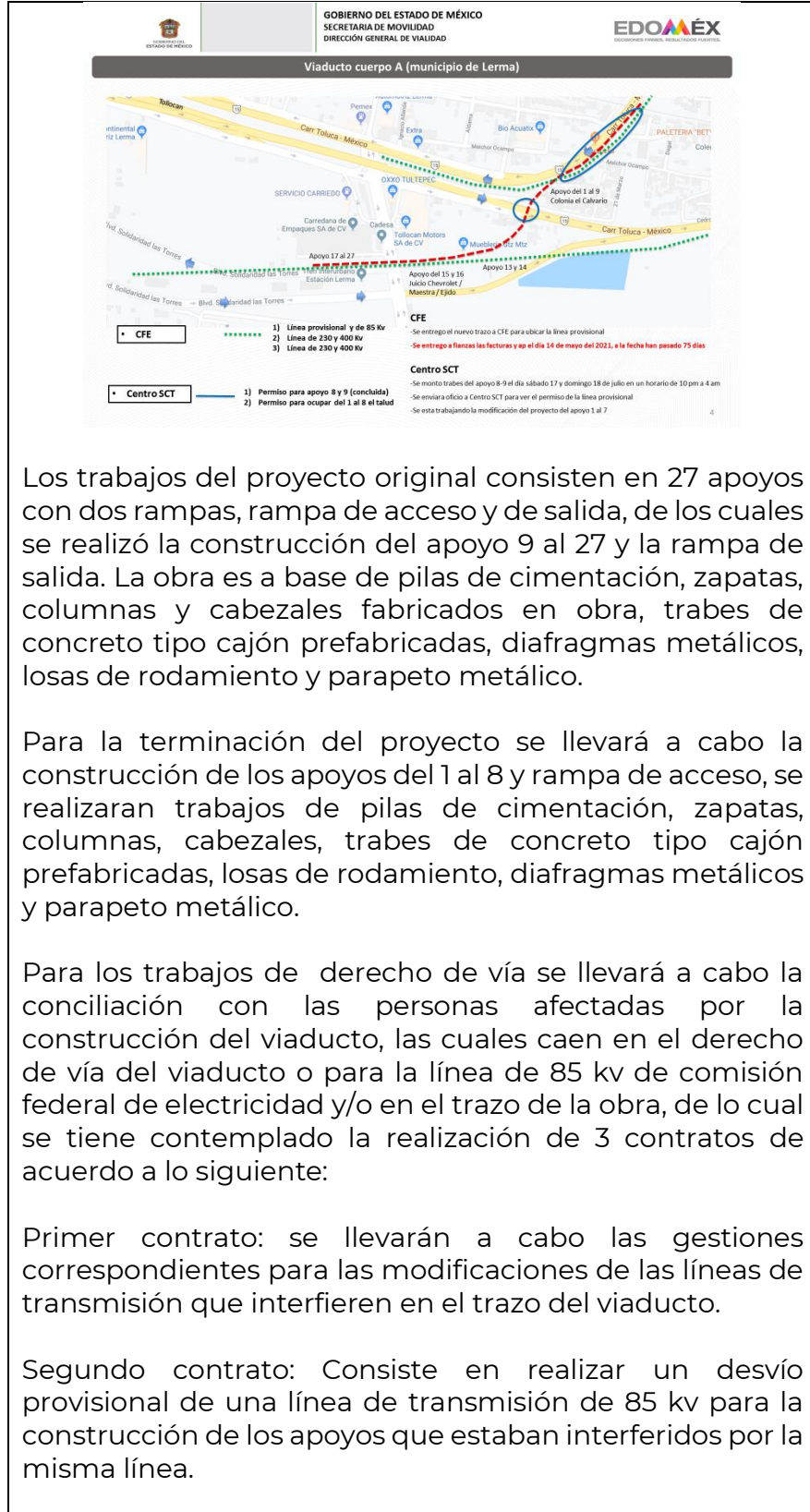
El presente PPI obedece a la actualización del presente estudio, el cual contempla cambios en la inversión para la conclusión del proyecto. Para efectos de evaluación y análisis se toma la información original que dio lugar a la necesidad de mejorar esta vía de comunicación.

A continuación se presenta el avance actual de la obra:

Objetivo del PPI



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



Los trabajos del proyecto original consisten en 27 apoyos con dos rampas, rampa de acceso y de salida, de los cuales se realizó la construcción del apoyo 9 al 27 y la rampa de salida. La obra es a base de pilas de cimentación, zapatas, columnas y cabezales fabricados en obra, traves de concreto tipo cajón prefabricadas, diafragmas metálicos, losas de rodamiento y parapeto metálico.

Para la terminación del proyecto se llevará a cabo la construcción de los apoyos del 1 al 8 y rampa de acceso, se realizaran trabajos de pilas de cimentación, zapatas, columnas, cabezales, traves de concreto tipo cajón prefabricadas, losas de rodamiento, diafragmas metálicos y parapeto metálico.

Para los trabajos de derecho de vía se llevará a cabo la conciliación con las personas afectadas por la construcción del viaducto, las cuales caen en el derecho de vía del viaducto o para la línea de 85 kv de comisión federal de electricidad y/o en el trazo de la obra, de lo cual se tiene contemplado la realización de 3 contratos de acuerdo a lo siguiente:

Primer contrato: se llevarán a cabo las gestiones correspondientes para las modificaciones de las líneas de transmisión que interfieren en el trazo del viaducto.

Segundo contrato: Consiste en realizar un desvío provisional de una línea de transmisión de 85 kv para la construcción de los apoyos que estaban interferidos por la misma línea.

Tercer contrato: se realizará la modificación de la línea definitiva de transmisión de 85 kv y la modificación de líneas de transmisión de 230 kv y 400 kv la cual de ser aérea pasará a ser subterránea.

El principal objetivo consiste en resolver la problemática que origina la demanda vehicular con relación al actual diseño operacional del cruce a nivel entre la carretera federal México-Toluca (cuerpo A, sentido México-Toluca) y su intersección con Vialidad Av. Las Torres. Lo cual provoca congestión y mayores costos de operación para los vehículos que circulan por estas vialidades.

El presente estudio analiza la factibilidad socioeconómica del proyecto de infraestructura denominado "Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres" localizado en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), con el cual se disminuyen los costos generalizados de viaje, se incrementa los niveles de seguridad, se reduce el nivel de emisiones de gases y eficiencia de la creciente vialidad de vehículos automotores privados y suburbanos en esta sección de la ZMVT porque se conecta directamente la Av. Las Torres con la Carretera México - Toluca, para despejar el Paseo Tollocan el cual ya se encuentra saturado en horas de máxima demanda.

El proyecto contempla mejorar la comunicación intraurbana e interurbana en la zona metropolitana del valle de Toluca, permite la integración del crecimiento urbano, industrial y demográfico futuro, así como el desarrollo económico y social. Permitiendo así, cumplir con los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2019 -2024, Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2017-2023 y Programa Nacional de Infraestructura 2018-2024.

Problemática Identificada

La principal problemática que se pretende resolver con el proyecto es disminuir la saturación que se registra en la conexión de la Carretera México-Toluca con paseo Tollocan (este último saturado), y los tiempos de recorrido actuales en que incurren los automovilistas al querer incorporarse a la Av. Las Torres desde la Carretera Federal México-Toluca, recorrido que actualmente se hace saliendo de la carretera y dando vuelta en la calle Benito Juárez para posteriormente incorporarse a Las Torres

Breve descripción del PPI

tramo de 1.4 km y con intersecciones semaforizadas que ocasionan demoras y alto congestionamiento vehicular sobre la zona.

Con la ejecución del proyecto este recorrido se reduce a 0.88 km y se evitan las intersecciones semaforizadas lo que genera fluidez en la circulación y reduce tiempos y costos de operación vehicular para los conductores. A pesar de que las condiciones actuales de la superficie de rodamiento de la carretera México-Toluca y Av. Las Torres pueden considerarse buenas, la alta demanda vehicular ha provocado un nivel de servicio insatisfactorio debido a las demoras para atravesar por este entronque lo que provoca afectaciones económicas y sociales para automovilistas y habitantes de esta área metropolitana densamente habitada.

Es de suma importancia concluir el tramo de estudio para poder resolver la problemática identificada.

El proyecto consiste en resolver a desnivel los principales movimientos de corto y largo itinerario del tránsito vehicular, que circula en la carretera México-Toluca y Vialidad Av. Las Torres por medio de la construcción del viaducto de conexión cuerpo "A" (PSV) para conectar la carretera federal México-Toluca con la vialidad Las Torres.

El viaducto de conexión tendrá una longitud de 850 m en un ancho de calzada de 9.04 m para evitar el cruce con la avenida Benito Juárez que presenta altos niveles de afluencia y retraso en los traslados de corto y largo itinerario.

El paso elevado cuerpo A formará parte de la red carretera municipal y regional de la zona, dicha obra está a cargo de la Dirección General de Vialidad del Estado de México, donde se realizarán trabajos de terracerías, estructuras, drenaje, pavimentos y señalamientos cuyos beneficios son:

- Disminución de costos generalizados de viaje.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Mejorar los niveles de servicio
- Baja contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del proyecto de inversión

Horizonte de Evaluación

30 años.

Descripción de los principales costos del PPI

Monto total de inversión Ejecutada	
Componentes/Rubros	Monto de Inversión C/IVA (\$)
Terracerías	11,469,978.48
Pavimentos	796,847.41
Cimentaciones	13,602,321.57
Estructuras	153,932,345.95
Placas y apoyos Integrales de Neopreno	1,120,806.13
Precios Extraordinarios	4,664,177.68
Supervisión	3,680,269.28
Subtotal Ejecutado	189,266,746.50
Monto total de inversión para Terminación	
Terracerías	36,793.34
Obras de drenaje	112,426.89
Pavimentos	692,427.26
Señalamiento	940,877.53
Puente vehicular	44,518,795.42
Supervisión	926,026.41
Obra Inducida CFE	100,000,000.00
Derecho de vía	46,400,000.00
Subtotal para Terminación	193,627,346.85
Total	382,894,093.35

Los trabajos del proyecto original consisten en 27 apoyos con dos rampas, rampa de acceso y de salida, de los cuales se realizó la construcción del apoyo 9 al 27 y la rampa de salida. La obra es a base de pilas de cimentación, zapatas, columnas y cabezales fabricados en obra, traveses de concreto tipo cajón prefabricadas, diafragmas metálicos, losas de rodamiento y parapeto metálico.

Para la terminación del proyecto se llevará a cabo la construcción de los apoyos del 1 al 8 y rampa de acceso, se realizaran trabajos de pilas de cimentación, zapatas, columnas, cabezales, traveses de concreto tipo cajón prefabricadas, losas de rodamiento, diafragmas metálicos y parapeto metálico.

Para los trabajos de derecho de vía se llevará a cabo la conciliación con las personas afectadas por la construcción del viaducto, las cuales caen en el derecho de vía del viaducto o para la línea de 85 kv de comisión federal de electricidad y/o en el trazo de la obra, de lo cual se tiene contemplado la realización de 3 contratos de acuerdo a lo siguiente:

Primer contrato: se llevarán a cabo las gestiones correspondientes para las modificaciones de las líneas de transmisión que interfieren en el trazo del viaducto.

Segundo contrato: Consiste en realizar un desvío provisional de una línea de transmisión de 85 kv para la construcción de los apoyos que estaban interferidos por la misma línea.

Tercer contrato: se realizará la modificación de la línea definitiva de transmisión de 85 kv y la modificación de líneas de transmisión de 230 kv y 400 kv la cual de ser aérea pasará a ser subterránea.

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con la terminación de la construcción del cuerpo A del paso elevado se mejorarán las condiciones de circulación en la intersección, por lo que se ofrecerán ventajas para el usuario que consisten en:

- Disminución de costos generalizados de viaje.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Mejorar los niveles de servicio
- Baja contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.

Monto total de inversión (con IVA)

Monto sin IVA	\$ 330,081,114.96
IVA	\$ 52,812,978.39
Monto Total solicitado	\$ 382,894,093.35

Riesgos asociados al proyecto de inversión

El principal riesgo que presenta este proyecto consiste en la disponibilidad de la totalidad de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto.

Otros riesgos asociados al proyecto son la demanda social de obras adicionales al momento de la construcción, retrasos en la entrega por problemas técnicos, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución.

Indicadores de Rentabilidad del proyecto de inversión

Valor Presente Neto (VPN)	\$90,782,802
Tasa Interna de Retorno (TIR)	12.15%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	10.35%

Conclusión

Conclusión del Análisis del proyecto de inversión

La evaluación socioeconómica del proyecto "Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres" indica que se trata de una obra de infraestructura económicamente rentable.

Presenta ahorros significativos en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular en comparación con la inversión requerida. Mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario, al garantizar una circulación rápida, fluida y segura de los vehículos.

En síntesis, con el proyecto beneficiara en los siguientes aspectos:

- Disminución de costos generalizados de viaje.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Mejorar los niveles de servicio.
- Baja contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.

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

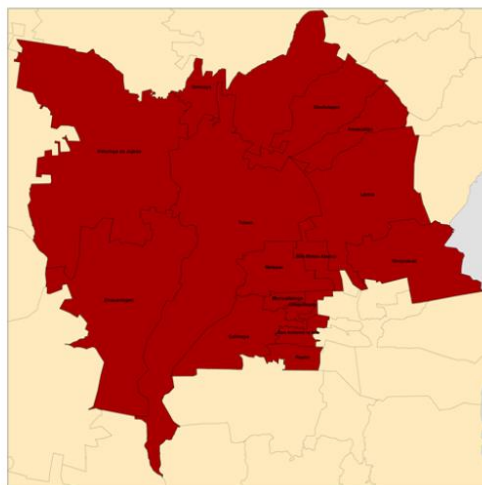
Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

Se define como zona metropolitana al conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica. También se incluyen a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y políticas urbanas de las zonas metropolitanas en cuestión.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) que incluye la capital del estado cuenta con 2,152,152 habitantes, distribuidos en 15 municipios mexiquenses que son Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Toluca, Xonacatlan y Zinacantepec, es un punto donde se articulan los principales ejes carreteros, ferroviarios y aéreos de la entidad; convergiendo las carreteras que conectan con los puntos comerciales más importantes del occidente-centro, como son Morelia, Lázaro Cárdenas, Guadalajara, Manzanillo y conectando por toda la costa del Pacífico con la del Zona Centro del país, en la cual se incluye a la Ciudad de México.

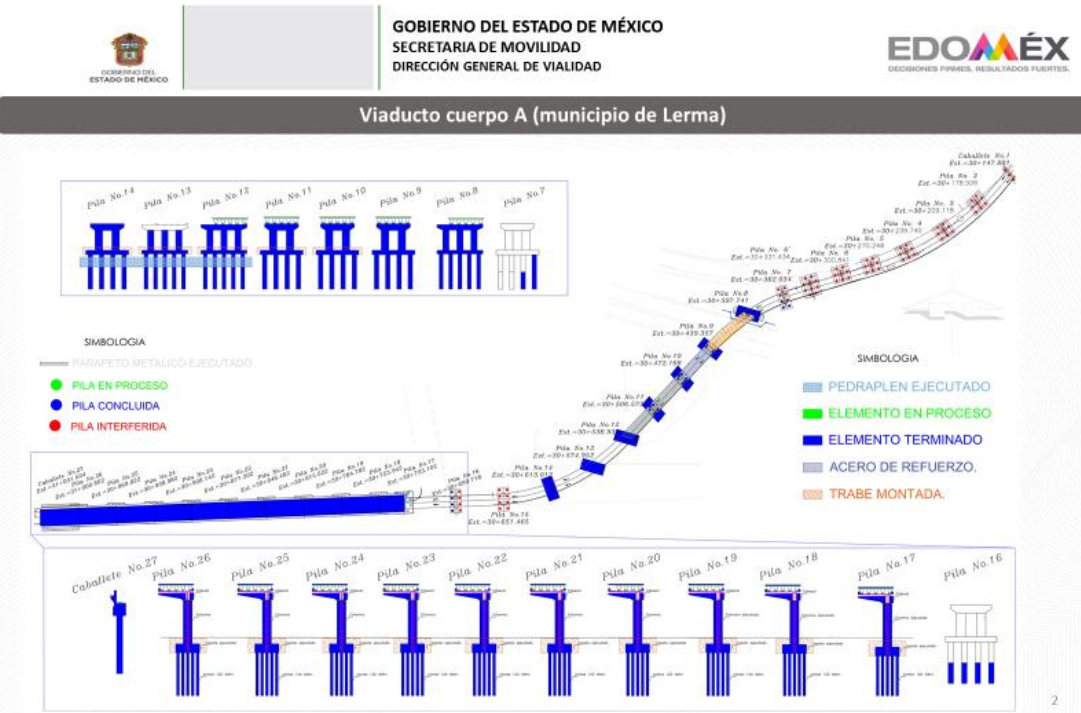
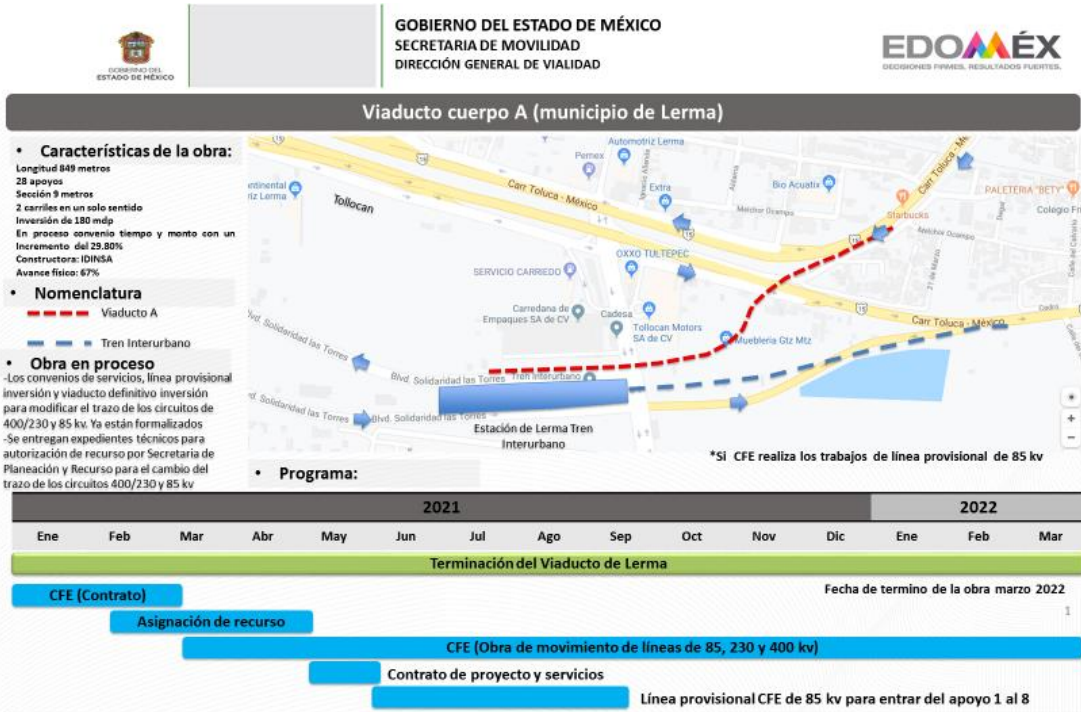
Ilustración 1 Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Fuente: http://coespo.edomex.gob.mx/zonas_metropolitanas

La Zona Metropolitana registra una ubicación estratégica en términos de logística. La Vialidad Av. Las Torres es un corredor paralelo a Paseo Tollocan y conector la Carretera México-Toluca mismos que son eje de movilidad motorizada que une las carreteras federales y evita que el tráfico de largo itinerario cruce por la zona centro de la urbe, pero al mismo tiempo atiende tráfico local, ya que sobre su derrotero se identifican varios atractores de movilidad, tanto de carácter industrial, servicios y residencial.

A continuación se presenta el avance actual de la obra:





Los trabajos del proyecto original consisten en 27 apoyos con dos rampas, rampa de acceso y de salida, de los cuales se realizó la construcción del apoyo 9 al 27 y la rampa de salida. La obra es a base de pilas de cimentación, zapatas, columnas y cabezales fabricados en obra, trabes de concreto tipo cajón prefabricadas, diafragmas metálicos, losas de rodamiento y parapeto metálico.

Para la terminación del proyecto se llevará a cabo la construcción de los apoyos del 1 al 8 y rampa de acceso, se realizaran trabajos de pilas de cimentación, zapatas, columnas, cabezales, trabes de concreto tipo cajón prefabricadas, losas de rodamiento, diafragmas metálicos y parapeto metálico.

Para los trabajos de derecho de vía se llevará a cabo la conciliación con las personas afectadas por la construcción del viaducto, las cuales caen en el derecho de vía del viaducto o para la línea de 85 kv de comisión federal de electricidad y/o en el trazo de la obra, de lo cual se tiene contemplado la realización de 3 contratos según lo siguiente:

Primer contrato: se llevarán a cabo las gestiones correspondientes para las modificaciones de las líneas de transmisión que interfieren en el trazo del viaducto.

Segundo contrato: Consiste en realizar un desvío provisional de una línea de transmisión de 85 kv para la construcción de los apoyos que estaban interferidos por la misma línea.

Tercer contrato: se realizará la modificación de la línea definitiva de transmisión de 85 kv y la modificación de líneas de transmisión de 230 kv y 400 kv la cual de ser aérea pasará a ser subterránea.

La principal problemática que se pretende resolver con el proyecto es disminuir la saturación que se registra en la conexión de la Carretera México-Toluca con paseo Tollocan (este último saturado), y los tiempos de recorrido actuales en que incurren los automovilistas al querer incorporarse a la Av. Las Torres desde la Carretera Federal México-Toluca, recorrido que actualmente se hace saliendo de la carretera y dando vuelta en la calle Benito Juárez para posteriormente incorporarse a Las Torres tramo de 1.40 km y con intersecciones semaforizadas que ocasionan demoras y alto congestionamiento vehicular sobre la zona.

Con la terminación del proyecto consistente en la generación del viaducto mismo que conectará el cuerpo A de la carretera Federal México-Toluca con Av. Las Torres de manera directa, bajo un recorrido de 0.88 km y se evitar las intersecciones semaforizadas de la calle Benito Juárez, lo que genera fluidez en la circulación y reduce tiempos y costos de operación vehicular para los conductores.

Ilustración 2 Recorrido actual



Fuente: Google Maps

Debido al crecimiento del área urbana de Toluca y los municipios conurbados y el crecimiento considerable del parque vehicular, Paseo Tollocan está saturado. Av. Las Torres es una vialidad que puede atender a los usuarios. Esta vialidad se ha tornado fundamental para los movimientos oriente – poniente de la zona conurbada. Actualmente para que los vehículos que circulan en el Cuerpo A de

la Carretera México – Toluca lleguen a Av. Las Torres es necesario que recorran dos cruces a nivel, controlados por semáforos, los cuales son Laterales México – Toluca y Av. Benito Juárez y Av. Benito Juárez y Av. Las Torres. Debido al tiempo de luz verde del semáforo contra el tránsito diario se generan largas filas de vehículos en las vialidades. Estas filas a su vez causan mayores costos de operación a los usuarios de estas vialidades.

La intersección de Av. Las Torres y la carretera México-Toluca, es una de las vialidades principales del Valle de Toluca, comunicando en toda su extensión a los municipios de Lerma, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Ocoyoacác. La combinación de la transformación de los usos industriales, comerciales y habitacionales del Poniente de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca – ZMVT- provoca aglomeraciones vehiculares e inseguridad operativa en los movimientos direccionales vehiculares en el cruce antes señalado. Este proceso de congestión ubica a este punto con un nivel de servicio con clasificación “E”, lo cual provoca retrasos vehiculares especialmente en horas de mayor demanda.

Fotografía 1 Carretera México – Toluca, Cuerpo A, vista hacia Toluca, cruce con Benito Juárez García



Av. Las Torres de Solidaridad, ubicada en la zona metropolitana de Toluca, es una vía primaria que corre de oriente a poniente. Su trayectoria iniciando en el acceso a San Pedro Tultepec, con dirección al poniente, hasta la Av. 16 de septiembre casi en el entronque con el Paseo Presidente Adolfo López Mateos en su salida a la carretera Toluca – Morelia. Y con dirección al oriente corre desde la Carretera México – Toluca hasta la Av. 16 de septiembre. Es decir que el sentido con dirección al oriente tiene conexión con la Carretera México – Toluca, sin embargo, el sentido contrario no la tiene, por lo que los usuarios que vienen desde México y requieren dirigirse a Av. Las Torres deberán de cruzar dos intersecciones a nivel controladas por semáforos.

La Av. Las Torres cuenta actualmente con dos cuerpos de 10.50 m cada uno dónde aloja tres carriles de circulación por sentido. Entre los dos cuerpos se

encuentra una faja separadora variable con un ancho promedio de 45 m donde se alojan cuatro líneas de alta tensión de a cargo de la Comisión Federal de Electricidad. El pavimento es de concreto asfáltico y el índice internacional de rugosidad (IRI), en Av. Las Torres, en la zona del proyecto, es de 3.

Fotografía 2 Av. Las Torres dirección poniente después del cruce con el acceso a San Pedro Tultepec



Al circular por esta área de la Zona Metropolitana de Toluca se realiza a nivel en origen sur – norte y norte-sur (De avenida de las Torres-Dirección Toluca), mediante una solución semaforizada. Esta situación presenta problemas tales como altos costos Generalizados de Viaje –CGV-, caracterizados por bajas velocidades, altos tiempos de cruce para los usuarios, altos costos operacionales para los vehículos que por ahí transitan, esto debido a que el diseño operacional de la vialidad no es acorde con el alto volumen de tránsito que circula en estas vialidades. A continuación, se detallan las características de la problemática identificada en el escenario de “Situación Actual Proyectada”:

El acceso a San Pedro Tultepec, Calle Benito Juárez García, corre de norte a sur como una vialidad colectora. Inicia en la Carretera México – Toluca y cruza, en este mismo sentido, la Población de San Pedro Tultepec. La Calle Benito Juárez García cuenta con una sección de seis carriles, tres por sentido, separada por un camellón de 2.00 m. El pavimento es de concreto asfáltico y el IRI es de 4.

Fotografía 3 Intersección Av. Las Torres y Av. Benito Juárez.

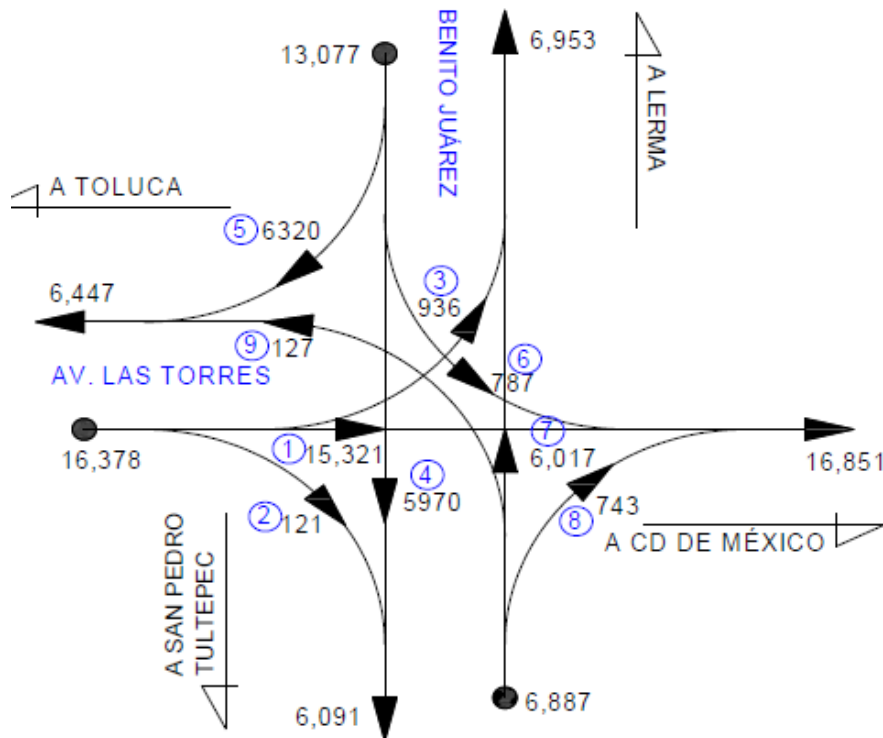


El escenario de "Situación Actual" del cruce a nivel en el cual converge Av. Las Torres y la carretera federal México-Toluca registra una insuficiencia en la infraestructura de la oferta existente para el nivel de volumen de la demanda. Lo cual genera condiciones no óptimas de seguridad operativa, así como un ineficiente aumento en los costos generalizados de viaje de los vehículos motorizados privados que circulan por dicho punto. La aglomeración vial eleva los tiempos de traslado.

La Vialidad Av. Las Torres – Solidaridad en su cruce con la calle Benito Juárez actualmente están controlado con semáforos. Ambas vialidades son de dos sentidos de circulación, sin embargo, Av. Las Torres con dirección al poniente, inicia en dicho cruce y con dirección al oriente se conecta con la Carretera México – Toluca. Generando un entronque con 9 movimientos a nivel.

Los aforos direccionales de la intersección de Av. Las Torres con Benito Juárez, nos permiten valorar la parte de la problemática para incorporarse a la misma. La gran afluencia de vehículos en las intersecciones y calles es un punto de conexión importante entre la Ciudad de México, Toluca, Lerma y San Pedro Tultepec de ahí la necesidad de generar infraestructura vial que coadyuve al descongestionamiento de la zona para así mejorar el nivel de servicio, disminuyendo la emisión de contaminantes y los tiempos de recorrido.

Ilustración 3 Aforos direccionales



Fuente Estudio de Ingeniería de Transito

La Carretera México – Toluca cuenta con dos cuerpos de tres carriles de circulación cada uno, con un ancho de calzada de 10.50 m, con acotamientos exteriores de 2.50 m y un acotamiento interior de 1.00 m. En el cruce con la Calle Benito Juárez García cuenta con calles laterales que alojan tres carriles de circulación por sentido, con un ancho de 10.50 m y banquetas de 2.50 m. El pavimento de la Carretera México – Toluca es concreto asfáltico y su IRI es de 3.

Fotografía 4 Carretera México-Toluca (hacia Toluca)



El cruce a nivel registra una problemática de los vehículos en la totalidad de movimientos direccionales, lo cual ocasiona conflictos vehiculares y, por ende, la reducción de la eficiencia operativa y seguridad vial.

Fotografía 5 Carretera México – Toluca, Cuerpo A, vista hacia Toluca, cruce con Benito Juárez García



El acceso a Av. Las Torres desde la Carretera México – Toluca, con dirección a Toluca, debe de salir a la lateral de la Carretera, hacer una vuelta izquierda a nivel hacia la Calle Benito Juárez García, controlado con semáforos, y girar a la derecha en el entronque de Av. Las Torres y Benito Juárez García, controlado

por semáforos. Debido al tiempo de luz verde de los semáforos contra el tránsito diario se generan largas filas de vehículos en ambas vialidades. Estas filas a su vez causan mayores costos de operación a los usuarios de estas vialidades. Debido al crecimiento del área urbana de Toluca y los municipios conurbados Av. Las Torres ha aumentado su aforo considerablemente para los movimientos oriente – poniente, en dicha área conurbada, ya que Paseo Tollocan está saturado actualmente y es la única vialidad que atiende las necesidades del usuario.

Fotografía 6 Carretera México – Toluca, cuerpo A, vista hacia México, cruce con Benito Juárez García



Diagnóstico actual del tamaño y características de la población donde se localiza la problemática

La zona poniente de la ZMVT cuenta con un área urbana sobre una superficie continental de 894.82 km², (Toluca 452.37 km², San Mateo Atenco 27.38 km², Metepec 67.52km², Ocoyoacac 134.72 km² y Lerma 212.83 km²)² la mayoría de esta superficie está destinada al uso habitacional, industrial y de servicios, siendo el popular el que cuenta con mayor presencia. Aún se encuentra en la zona urbana poniente predios baldíos susceptibles a desarrollarse.

Por otro lado, el área urbana en los municipios antes señalados asciende a 285.59 km² misma que representa un 31.91% del territorio. Lo anterior implica que seguirá existiendo un crecimiento en la demanda actual.

De acuerdo con la última encuesta Intercensal 2015 del INEGI, la población de los 15 Municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca es de 2, 152,150 habitantes.

La población afectada por el cruce de Av. Las Torres y Carretera Federal México-Toluca no solo es la población del municipio de Toluca, San Mateo, Metepec, Ocoyoacac y Lerma, sino también los conductores foráneos que por diversas

² <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/para> el año 2005

circunstancias tienen que utilizar esta vialidad para el traslado de mercancías a los municipios cercanos. Por lo tanto, la afectación de ineficiencia operativa de la intersección a nivel de ambas vialidades afecta tanto a tránsito local como aquellos vehículos de largo itinerario, principalmente vehículos de carga pesada.

El estado de México es la entidad con más habitantes en el país con más de 16 millones de habitantes y con una tasa media de crecimiento anual de 4.33%, por lo que se vuelve necesario incrementar las vías de comunicación en el Estado para los viajes que realizan los habitantes a diario para trasladarse a sus centros de trabajo, escuelas, o para los viajeros de largo itinerario que necesitan atravesar el Estado de México para llegar a su destino.

Tabla 1 Tasa media de crecimiento anual en el Estado de México (1990 – 2015)

Población						TCMA (%)				Superficie (Km2)	Hab/km2 2015
1990	1995	2000	2005	2010	2015	1990-1995	1990-2000	1990-2010	1990-2015		
9,815,795	11,707,964	13,096,686	14,007,495	15,175,862	16,187,608	3.86%	3.34%	2.73%	4.33%	22,356.80	724.06

Fuente: Elaboración propia con datos de la SNIM, y Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

De acuerdo con datos del INEGI del municipio de Toluca se tiene que la Tasa de Crecimiento Media Anual (TMCA) en la década de los años de 1990 a 2015 fue de 5.28%, ver la tabla siguiente. Además de registrar un crecimiento poblacional por encima del promedio Estatal (4.33%), esta dinámica poblacional no necesariamente refleja las problemáticas de movilidad que experimenta, ya que es un paso vehículos con municipios y entidades federativas del centro del país.

Tabla 2 Tasa media de crecimiento anual en el Municipio de Toluca (1990 – 2015)

Población						TCMA (%)				Superficie (Km2)	Hab/km2 2015
1990	1995	2000	2005	2010	2015	1990-1995	1990-2000	1990-2010	1990-2015		
487,612	564,476	666,596	747,512	819,561	873,536	3.15%	3.67%	3.40%	5.28%	77.17	11,319.63

Fuente: Elaboración propia con datos de la SNIM, y Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

El municipio de San Mateo Atenco, registro TMCA en la década de los años de 1990 a 2015 fue de 5.34%, ver la tabla siguiente.

Tabla 3 Tasa media de crecimiento anual en el Municipio de San Mateo Atenco (1990 – 2015)

Población						TCMA (%)				Superficie (Km2)	Hab/km2 2015
1990	1995	2000	2005	2010	2015	1990-1995	1990-2000	1990-2010	1990-2015		
41,926	54,089	59,647	66,740	72,579	75,511	5.80%	4.23%	3.66%	5.34%	27.38	73.59

Fuente: Elaboración propia con datos de la SNIM, y Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

La dinámica de crecimiento en el municipio de Metepec nos señala que su crecimiento ha sido del 4.16% de TCMA de 1990 a 2015, en línea con el crecimiento medio del Estado.

Tabla 4 Tasa media de crecimiento anual en el Municipio de Metepec (1990 – 2015)

Población						TCMA (%)				Superficie (Km2)	Hab/km2 2015
1990	1995	2000	2005	2010	2015	1990-1995	1990-2000	1990-2010	1990-2015		
140,268	178,096	194,463	206,005	214,162	227,827	5.39%	3.86%	2.63%	4.16%	67.52	3,374.22

Fuente: Elaboración propia con datos de la SNIM, y Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

El municipio de Ocoyoacac presenta una TCMA del orden del 5.13% para el periodo 1990 – 2015, por arriba de la media del Estado.

Tabla 5 Tasa media de crecimiento anual en el Municipio de Ocoyoacac (1990 – 2015)

Población						TCMA (%)				Superficie (Km2)	Hab/km2 2015
1990	1995	2000	2005	2010	2015	1990-1995	1990-2000	1990-2010	1990-2015		
37,395	43,670	49,643	54,224	61,805	66,190	3.36%	3.28%	3.26%	5.13%	134.72	491.32

Fuente: Elaboración propia con datos de la SNIM, y Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

Resalta la tasa de crecimiento medio anual registrada para el periodo 1990 – 2015, en el municipio de Lerma, misma que registro un incremento del 7.94%, muy por arriba de la media estatal.

Tabla 6 Tasa media de crecimiento anual en el Municipio de Lerma (1990 – 2015)

Población						TCMA (%)				Superficie (Km2)	Hab/km2 2015
1990	1995	2000	2005	2010	2015	1990-1995	1990-2000	1990-2010	1990-2015		
66,912	81,192	99,870	105,578	134,799	146,654	4.27%	4.93%	5.07%	7.94%	212.83	689.07

Fuente: Elaboración propia con datos de la SNIM, y Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

La zona de impacto de movilidad de la Av. Las Torres han sufrido una verdadera transformación en materia de crecimiento económico. Por un parte, en los terrenos en torno al Aeropuerto Internacional Adolfo López Mateos –AIALM- se ha desarrollado una fuerte industria de servicios, principalmente de logística – cargo, aduana, centros de distribución- y también del ramo hotelero, aunado a diversos parques industriales. El Aeropuerto Internacional Adolfo López Mateos ubicado a 10 km al este del centro de la Ciudad de Toluca y a sólo 30 minutos de Santa Fe, Ciudad de México ha reportado un crecimiento considerable los últimos años a partir de su ampliación. En él se desarrollan las principales líneas aéreas nacionales de bajo costo, las cuales cuentan con destinos a las principales ciudades del país y algunas de los Estados Unidos en vuelos directos. Además, cuenta con una de las pistas de aterrizaje más largas de México. Por lo tanto, el cruce a nivel es el punto en el cual se intersectan el

derrotero de movilidad de cuatro de los principales atractores de movilidad de la urbe, es decir el Centro de la Ciudad de Toluca, la Zona de Metepec, el Aeropuerto y Ciudad de México.

Tasa de crecimiento del tránsito

Para la determinación de la tasa de crecimiento vehicular se analizaron datos de incremento del tráfico en la zona de influencia del proyecto, así, se tomó como fuente los datos históricos del libro de Datos Viales editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de los años 2013 al 2015, utilizando generadores de tránsito que presentaran valores históricos durante ese periodo en carreteras.

Con base en el estudio de tránsito realizado, de acuerdo con el indicador obtenido del promedio de la tasa de crecimiento de las carreteras libres de peaje que confluyen a la zona en estudio (7, 49, y 100), se decidió proponer los siguientes factores de crecimiento del tránsito para los años 10, 20 y 30 en un escenario conservador de crecimiento del tránsito como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 7 Tasa de crecimiento datos viales SCT

Tasa de crecimiento vehicular		
Lugar	2013-2014	2014-2015
Carretera México-Toluca	2.36%	4.67%
Carretera Ocoyoacac – Santiago Tianguistenco	-2.15%	6.68%
Carretera El monumento-Tingambato	-1.2%	0.79%

Fuente: Elaborado con datos de estudio SCT Estudio de Datos Viales 2013-2015.

De la publicación de la SCT Datos Viales se obtuvieron los volúmenes de tránsito, de los últimos diez años, de la carretera México – Toluca en el denominado lugar T. Der. Lerma – Izq. San Pedro Tultepec, antes del punto generador (TE. 1). En la Tabla siguiente se muestra el tránsito diario promedio anual (TDPA) por año y por sentido de circulación.

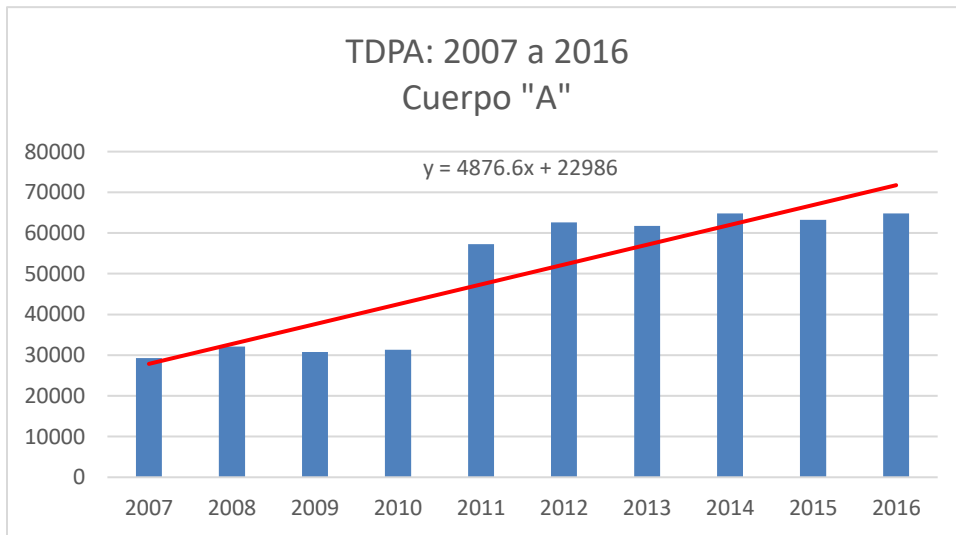
El estudio de ingeniería de tránsito para el proyecto de conexión del cuerpo A de la carretera México-Toluca con la vialidad Av. Las Torres presentan los siguientes resultados.

Tabla 8 Tasa de crecimiento datos viales SCT carretera México-Toluca tramo Lerma

AÑO	TDPA	
	SC: 1	SC: 2
2007	29,273	28,361
2008	32,110	31,104
2009	30,761	30,859
2010	31,337	31,204
2011	57,303	61,589
2012	62,638	62,992
2013	61,787	62,598
2014	64,838	64,547
2015	63,227	61,913
2016	64,801	61,994

Fuente: Estudio de Ingeniería de tránsito

Se procedió a realizar el cálculo de la tasa de crecimiento del Cuerpo "A" realizando una regresión lineal de los valores y obteniendo la línea de tendencia. En el gráfico se muestran graficados los volúmenes de tránsito históricos del Cuerpo "A".



Fuente: Estudio de Ingeniería de Tránsito SPT2-EITR-170622-00-AMA.

El Estudio de ingenierías de tránsito señala que una vez consultados los aforos históricos de la carretera México – Toluca se procedió a determinar el aforo actual TDPA 2017 y el aforo en el horizonte de proyecto de 5, 10, 15 y 30 años del cuerpo A:

Tabla 9 Proyección de crecimiento del tránsito

Año	TDPA	TCT
2017	65,916	
2022	71,488	7.8%
2027	77,061	7.2%
2032	82,634	6.7%
2047	99,353	16.8%
Promedio		9.6%

Fuente: Estudio de ingeniería de tránsito

Crecimiento con datos de Ventas al menudeo Históricas de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores A.C. (AMDA)

Como referencia de crecimiento del tránsito vehicular, se consultó el Reporte Estadístico del Sector Automotor publicado por la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores A.C. (AMDA) a diciembre del 2015.

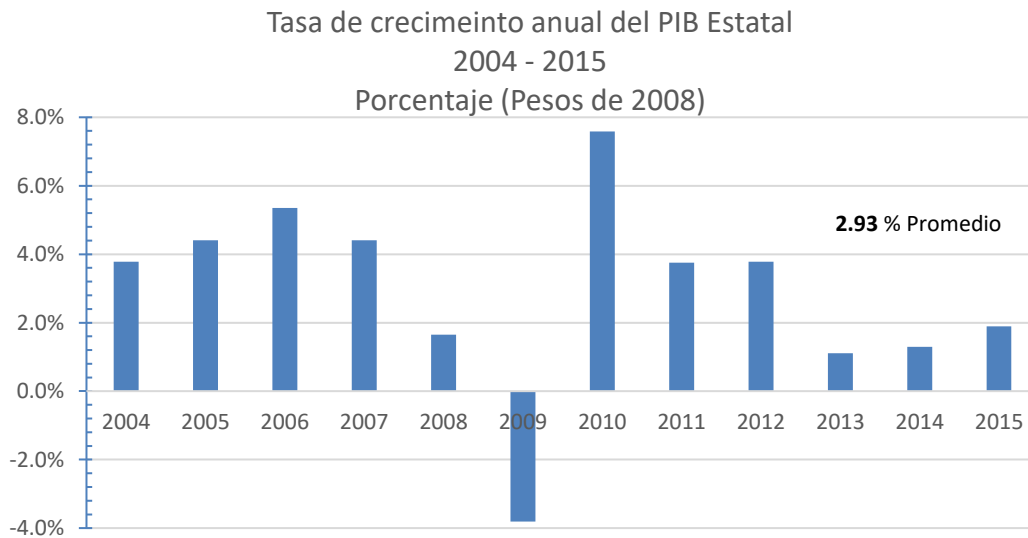
Tabla 10 Concentrado de ventas al menudeo históricas de la AMDA Unidades de Automotores

Unidades vendidas a diciembre de cada año						
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
987,747	1,063,363	1,135,409	1,351,648	1,603,672	1,530,498	1,421,458
9%	8%	7%	19%	19%	-5%	-7%

Fuente: Elaborado con datos de AMDA con información de AMIA y ANPACT.

De la tabla anterior se tiene que el promedio en base a ventas al menudeo de automotores sería de 7% en el periodo 2012 – 2018.

Por otra parte, el sistema de cuentas nacionales de México de acuerdo con la información registrada en el banco de información económica del INEGI, el Estado de México registra una tasa de crecimiento media del producto interno bruto a precios de 2008 del 2.93% para el periodo 2009 – 2015, a pasera del registro negativo identificado para crisis del año 2009.



Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Banco de Información Económica.
<http://www.inegi.org.mx/Sistemas/BIE/Default.aspx?idserPadre=102000520030001001700060>

Un indicador aceptado de crecimiento, por su correlación con las condiciones de crecimiento vehicular es el crecimiento del producto interno bruto de la

entidad, mismos que en promedio de 2004 al 2015 ha tenido una tasa de crecimiento del 2.93% anual.

Análisis de Indicadores de Crecimiento.

El tránsito en la zona del proyecto presentara disminución por la construcción y puesta en marcha del tren interurbano México-Toluca, que con datos del Estudio Costo-Beneficio “Proyectos Y Consultoría Especializada Para El Apoyo Tecnológico De Los Servicios Requeridos Para El Inicio De La Explotación Comercial, Operación, Mantenimiento Y Auscultación Estructural Del Tren Interurbano México - Toluca Incluyéndose La Transferencia De Tecnología” estima que la demanda global de vehículos en el tramo que comprende el tren disminuirá en 3.27% durante la vida útil del proyecto.

Tabla 11 Tasa de crecimiento del tránsito global derivada de la construcción del Tren Interurbano México-Toluca

Tren Interurbano México-Toluca			
Escenarios	S1	S2	TDPA Global
Situación actual	1,816,555	874,638	2,691,193
Situación con proyecto	1,757,194	846,057	2,603,251
TCT	-3.27%	-3.27%	-3.27%

Fuente: “Proyectos y Consultoría Especializada para el Apoyo Tecnológico de los Servicios Requeridos para el Inicio de la Explotación Comercial, Operación, Mantenimiento y Auscultación Estructural del Tren Interurbano México - Toluca Incluyéndose la Transferencia de Tecnología” Páginas 271 y 623

De todos los índices anteriores se puede ver que dependiendo del indicador que se tome puede haber variaciones importantes en una predicción a futuro del crecimiento del tránsito sobre la situación “Con Proyecto”, sin embargo, decidiéndonos por un escenario de tasa de crecimiento del tránsito a futuro en los primeros dos años se estima que la demanda de vehículos pudiera reducirse en un 2.27% en el año 1 y en 1.0% para el año 2 debido a la puesta en marcha del tren interurbano México-Toluca a razón de que una de las estaciones de este tren se ubicara a unos metros del viaducto de conexión cuerpo A, del año 3 al 30 no se dará un crecimiento en la demanda vehicular constante de 1.72% una estimación conservadora del crecimiento del tránsito.

A pesar de que los indicadores de crecimiento arrojan tasas promedio superiores, para fines de la evaluación socioeconómica la Tasa de Crecimiento de Tránsito (TCT) se definió en un criterio conservador que va del -2.27% al 1.72% debido a los proyectos de infraestructura que se ejecutan en la zona del proyecto.

Tabla 12 Tasa de crecimiento para cálculo del factor de pronóstico del tránsito

TASA DE CRECIMIENTO DEL TRÁNSITO	
TC para el año 1	-2.27%
TC para el año 2	-1.0%
TC de año 3 a año 30	1.72%

Fuente: Elaboración propia y Estudio de Tránsito.

Para obtener el factor de pronóstico del tránsito normal (TN) utilizamos el Método AASTHO, cuya expresión es:

Fórmula:

$$V_f = V_a (1 + i)^n$$

Dónde: V_a = Volumen actual

V_f = Volumen futuro

n = Período

i = Tasa lineal por crecimiento vehículo.

Sustituyendo valores:

Tabla 13 Cálculo del factor de pronóstico del tránsito (lineal)

VA	AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO	VF
1	1	-2.27%	0.98
1	2	-1.0%	0.98
1	10	1.72%	1.19
1	20	1.72%	1.41
1	30	1.72%	1.67

Fuente: Elaboración propia

Problemática:

La principal problemática que se pretende resolver con el proyecto es disminuir la saturación que se registra en la conexión de la Carretera México-Toluca con paseo Tollocan (este último saturado), y los tiempos de recorrido actuales en que incurren los automovilistas al querer incorporarse a la Av. Las Torres desde la Carretera Federal México-Toluca, recorrido que actualmente se hace saliendo de la carretera y dando vuelta en la calle Benito Juárez para posteriormente incorporarse a Las Torres tramo de 1.4 km y con intersecciones semaforizadas que ocasionan demoras y alto congestionamiento vehicular sobre la zona.

Con la ejecución del proyecto consistente en la generación del viaducto mismo que conectará el cuerpo A de la carretera Federal México-Toluca con Av. Las Torres de manera directa, bajo un recorrido de 0.88 km y se evitar las intersecciones semaforizadas de la calle Benito Juárez, lo que genera fluidez en la circulación y reduce tiempos y costos de operación vehicular para los conductores.

Con la aglomeración de vehículos que se da en la intersección de Carretera Federal México-Toluca y Av. Las Torres debido a la gran afluencia vehicular en ambos sentidos lo que genera altos costos generalizados de viaje, elevados tiempos de recorrido, nivel de servicio deficiente y altas emisiones contaminantes. A pesar de que las condiciones actuales de la superficie de rodamiento de la carretera México-Toluca y Av. Las Torres pueden considerarse buenas, la alta demanda vehicular ha provocado un nivel de servicio

insatisfactorio debido a las demoras para atravesar por este entronque lo que provoca afectaciones económicas y sociales para automovilistas y habitantes de esta área metropolitana densamente habitada

El diseño operacional del cruce a nivel de las vialidades antes mencionadas constituye un potencial riesgo operacional, el cual puede acarrear una serie de siniestralidad vial. Este tipo de diseño para movimientos direccionales a nivel fueron diseñados para satisfacer la demanda vehicular menor a la que se registra actualmente, por lo tanto, el crecimiento de la demanda vehicular ha hecho insuficiente la infraestructura vigente.

Esta situación presenta problemas tales como altos costos Generalizados de Viaje –CGV-, caracterizados por bajas velocidades, altos tiempos de cruce para los usuarios, altos costos operacionales para los vehículos que por ahí transitan, esto debido a que el diseño operacional de la vialidad no es acorde con el alto volumen de tránsito que circula en estas vialidades.

En resumen, la infraestructura vial es suficiente en términos generales para el requerimiento de la zona de estudio, pero sobresale el hecho de la falta del cuerpo de circulación continua que conecte la carretera Federal México-Toluca y Av. Las Torres, que complete la infraestructura vial regionalmente en el sentido este a oeste y viceversa.

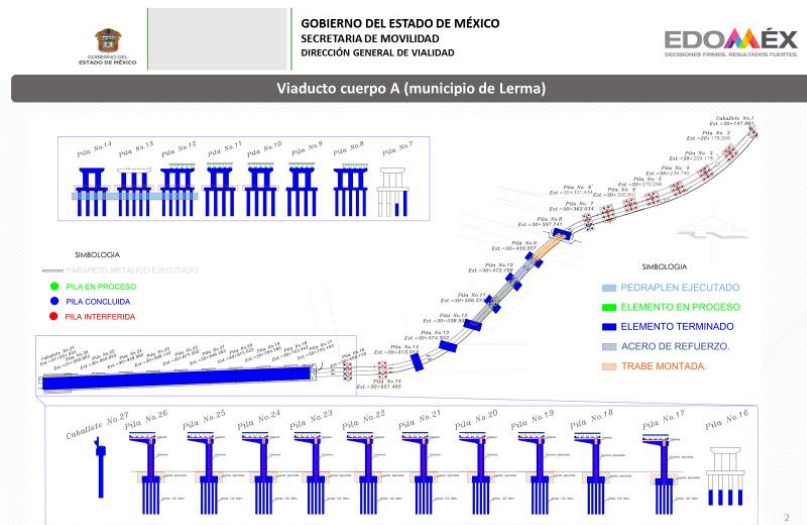
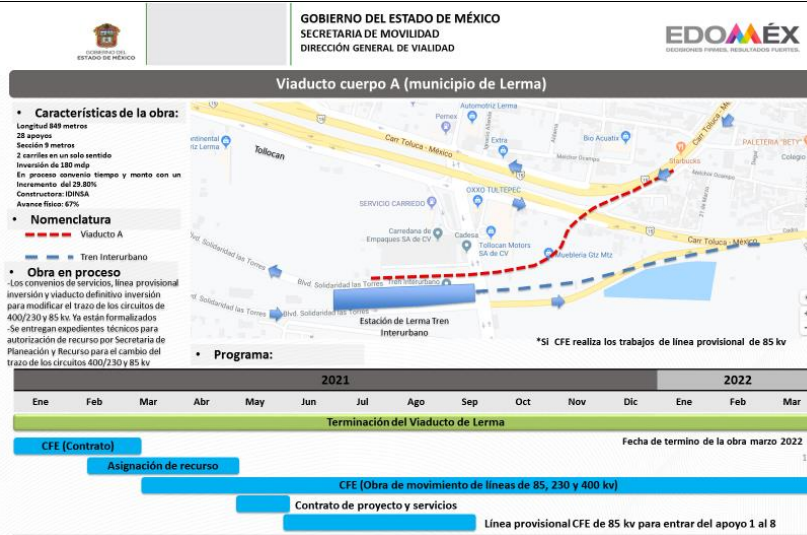
Actualmente, el cruce vehicular para los sentidos este-oeste (Dirección Toluca) y oeste-este (Dirección Ciudad de México) sobre la Av. Las Torres en el municipio de San Mateo Atenco en la Zona Metropolitana de Toluca se realizan a nivel, mediante una solución semaforizada.

Por otra parte, el tránsito de largo itinerario de cobertura regional, que circula de Oriente a Poniente y Viceversa por la Av. De las Torres, actualmente cuenta con una conexión directa con la Carretera - México – Toluca, pero esta vialidad carece de un sistema de puentes, que libere su intersección con Paseo Tollocan que es la vía natural para el acceso y salida de la ciudad de Toluca en dirección a la Ciudad de México.

Son vialidades principales de la ZMVT, comunicando en toda su extensión a los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, Lerma y la Ciudad De México. La combinación de la transformación de los usos industriales, comerciales y habitacionales del Poniente de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca –ZMVT- Este proceso de congestión ubica a este punto con un nivel de servicio con clasificación “E”, lo cual provoca retrasos vehiculares especialmente en horas de mayor demanda.

b) Análisis de la Oferta existente

A continuación se presenta el avance actual de la obra:



Los trabajos del proyecto original consisten en 27 apoyos con dos rampas, rampa de acceso y de salida, de los cuales se realizó la construcción del apoyo 9 al 27 y la rampa de salida. La obra es a base de pilas de cimentación, zapatas, columnas y cabezales fabricados en obra, traveses de concreto tipo cajón prefabricadas, diafragmas metálicos, losas de rodamiento y parapeto metálico.

Para la terminación del proyecto se llevará a cabo la construcción de los apoyos del 1 al 8 y rampa de acceso, se realizarán trabajos de pilas de cimentación, zapatas, columnas, cabezales, traveses de concreto tipo cajón prefabricadas, losas de rodamiento, diafragmas metálicos y parapeto metálico.

Para los trabajos de derecho de vía se llevará a cabo la conciliación con las personas afectadas por la construcción del viaducto, las cuales caen en el derecho de vía del viaducto o para la línea de 85 kv de comisión federal de electricidad y/o en el trazo de la obra, de lo cual se tiene contemplado la realización de 3 contratos según lo siguiente:

Primer contrato: se llevarán a cabo las gestiones correspondientes para las modificaciones de las líneas de transmisión que interfieren en el trazo del viaducto.

Segundo contrato: Consiste en realizar un desvío provisional de una línea de transmisión de 85 kv para la construcción de los apoyos que estaban interferidos por la misma línea.

Tercer contrato: se realizará la modificación de la línea definitiva de transmisión de 85 kv y la modificación de líneas de transmisión de 230 kv y 400 kv la cual de ser aérea pasará a ser subterránea.

La Vialidad Av. Las Torres - Solidaridad, en el tramo comprendido entre el entronque con la carretera Toluca - Valle de Bravo (Avenida Adolfo López Mateos) hasta el cruce con Calle Benito Juárez, tiene varias intersecciones en operación y otras que están gestándose.

La sección transversal básica actual de esta Avenida es de dos calles laterales con ancho de calzada de 10.5 m cada una, para tres carriles de circulación, con banquetas a ambos lados. El pavimento es de concreto asfáltico y su IRI es de 4.

Condiciones actuales de la línea divisoria: Se encuentra ocupada por cuatro líneas de alta tensión de la CFE y se construye el Tren Toluca - Valle de México.

La Carretera México - Toluca inicia en el km 12+840, en el entronque de Av. Constituyentes y Paseo de la Reforma en la delegación Miguel Hidalgo, en la Ciudad de México, y termina en el km 51+710 en el cruce con el acceso a San Mateo Atenco, para luego convertirse en el Paseo Tollocan.

La sección transversal básica de la Carretera México – Toluca, desde el km 33+980, consta de dos cuerpos divididos por una faja separadora de ancho variable, tres carriles de circulación por sentido de 3.50 m cada uno, acotamiento exterior de 2.50 m y acotamiento interior de 1.00 m. El pavimento es de concreto asfáltico y tiene un IRI de 3. Condiciones actuales de la línea divisoria: Es variable y actualmente se encuentra en construcción la Autopista La Marquesa – Lerma.

La vialidad Benito Juárez García se encuentra en el Municipio de Lerma e inicia en el cruce con la Carretera México - Toluca. Cruza Av. Las Torres y posteriormente cruza por San Pedro Tultepec corriendo de Norte a Sur. Es la vialidad de acceso y salida de dicha población.

La sección tipo de la Calle Benito Juárez García es de seis carriles, tres por sentido, con anchos de calzada de 10.50 m y una faja separadora de 2.00 m. Banquetas a ambos lados. Pavimento de asfalto y un IRI de 4.

Las Torres de alta tensión que están actualmente en operación son las que se localizan al centro del "Derecho de Vía", las demás están fuera de uso, las cuales están siendo reubicadas actualmente en un solo superposte en el lado norte del camellón central por la CFE.

La vialidad de la citada Avenida Las Torres se ha desarrollado desde hace tiempo por etapas con soluciones viales que inicialmente solo tenían calzadas y banquetas en los extremos de ambos límites del derecho de Vía y retornos que funcionan además para los movimientos de vueltas izquierdas de las calles transversales.

Después se construyeron enlaces para vueltas izquierdas anticipadas, desde las calzadas centrales de la Avenida Las Torres, con cruces a nivel operados con semáforos. Finalmente se han construido pasos a desnivel, deprimidos, para dar continuidad al tránsito que circula en la avenida de Las Torres que sigue de frente en los cruces con las calles transversales Salvador Díaz Mirón, 5 de mayo, Comonfort, y Tecnológico.

Se tiene en La Avenida de Las Torres, sensiblemente, un ancho de faja separadora central de 120 m, donde pueden alojarse doce carriles de circulación, tres básicos para cada una de las calles laterales, tres básicos para cada una de las calzadas centrales, más los carriles de aceleración, deceleración y de entrecruzamiento en los Pasos Inferiores de Vehículos, así como bahías para las maniobras de ascenso - descenso del transporte público de pasajeros.

Como vía alterna a Paseo Tollocan, se ubica la Av. Las Torres. Sin embargo, son las únicas dos avenidas de importancia, en la actualidad, que corren de oriente – poniente. Como vías alternas de la Calle Benito Juárez García existe

la Calle Lerma, sin embargo, esta solamente conecta con el Cuerpo B de la Carretera México – Toluca.

El Paseo Tollocan con calles laterales de 10.50 m que alojan tres carriles de circulación por sentido. Así mismo cuenta con dos calzadas centrales de 10.50 m que alojan tres carriles de circulación por sentido. Los carriles centrales cruzan a desnivel todas las calles transversales y las calles laterales están contraladas con semáforos y dos carriles cruzan a desnivel. El pavimento de Paseo Tollocan es de asfalto.

Fotografía 7 Cruce del eje 30, por el cuerpo a de la autopista México-Toluca, vista desde el puente peatonal



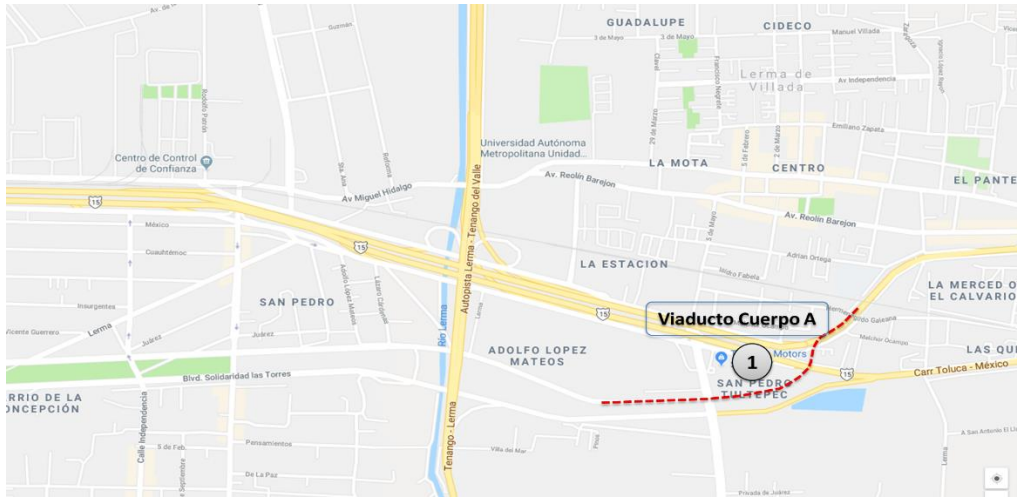
Fotografía 8 Paseo Tollocan, Norte – Sur hacia Toluca



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

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

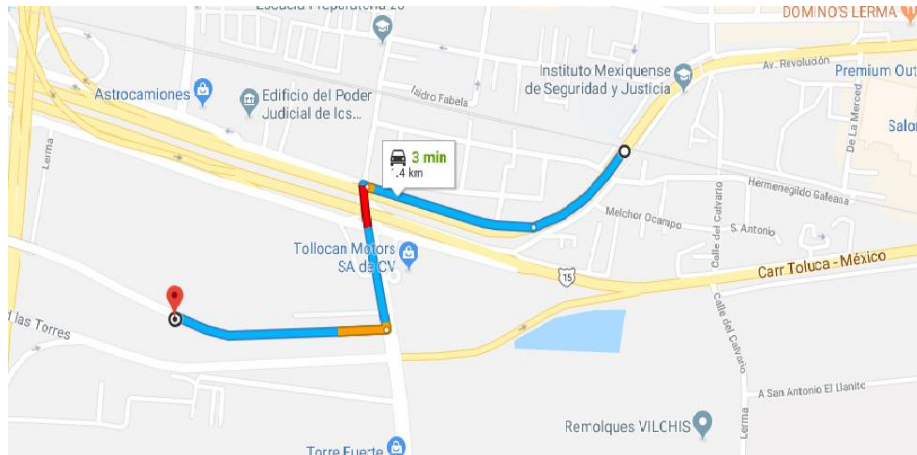
Ilustración 4 Mapa de ubicación actual



Fuente: Junta de Caminos del Estado de México

Actualmente para incorporarse entre estas dos vialidades ingresando por la carretera México-Toluca es necesario tomar la calle Melchor Ocampo para después girar a la derecha sobre la calle Ignacio Allende después otro giro a la izquierda en la calle Hermenegildo Galeana hasta llegar a la avenida Benito Juárez que presenta alto congestionamiento vial siguiendo por esta hasta topar con Av. Las Torres, recorrido que puede tomar 3 minutos en situación con congestión.

Ilustración 5 Ruta actual sentido Mexico-Toluca-Av. Las Torres.



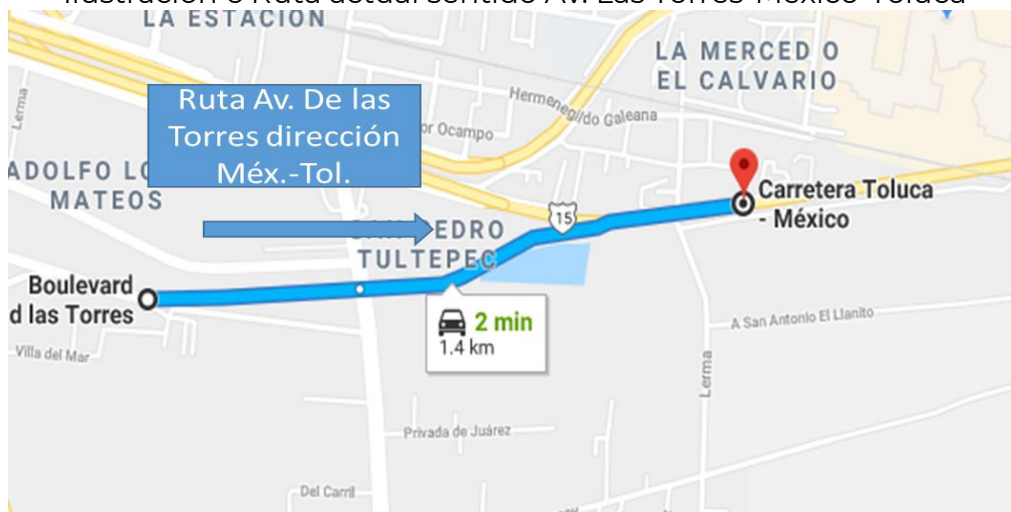
Fuente: Google Maps

En el sentido inverso, mismo que no contempla acciones por realizar en el presente proyecto, para los automovilistas que provienen de Av. De las Torres

y pretenden incorporarse a la carretera México-Toluca es necesario tomar la Av. Lic. Benito Juárez García hasta la avenida Adolfo López Mateos por 1.4 km hasta entroncar con la carretera México-Toluca un recorrido que puede tomar 2 minutos en situación sin congestión.

Considerando que el recorrido es de 3 minutos para cruzar de la carretera México-Toluca hacia Av. Las Torres donde la distancia actual del recorrido es de 1.4 km se muestra que los vehículos en promedio circulan a 28 km/h en esta zona en periodos de congestión y en situación sin congestión se reduce el recorrido en 30 segundos lo que se traduce en un aumento de velocidad cercano al 17% cuando no se presenta acumulación de vehículos.

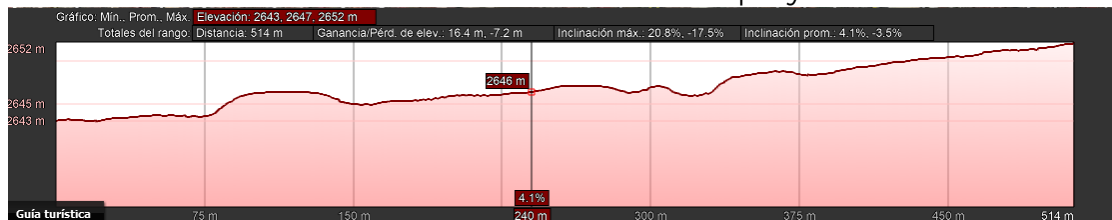
Ilustración 6 Ruta actual sentido Av. Las Torres-México-Toluca



Fuente: Google Maps

El resto de la red está considerado como vialidades terciarias o locales, en donde se puede apreciar que su principal función es proporcionar el acceso y salida a propiedades, que, debido a sus bajas demandas vehiculares, reducida sección transversal y falta de conexión, entre la red local, funcionan con esquemas de doble circulación y un carril por sentido.

Ilustración 7 Perfil de altitud del proyecto



Fuente: Google Earth

Índice de Servicio Actual. De acuerdo con la publicación del Índice Internacional de Rugosidad en la Red de Carreteras de México” publicada por el Instituto Mexicano del Transporte”, el nivel del Índice de Servicio Actual de la Av. Las Torres se registran como “Buena”. Sin embargo, el índice de Servicio

Actual para el tramo exclusivo de la intersección vial a nivel puede considerarse como "Regular".

Condiciones de señalamiento. Si bien en términos generales el trazo de la Vialidad registra buenas condiciones de señalamiento tanto vertical como horizontal, sin embargo, el retorno a nivel señalado carece de señalamientos verticales y/o horizontales, lo cual incrementa el nivel de riesgo operativo del tránsito vehicular.

La oferta está integrada por la infraestructura identificada en la **Carretera México-Toluca** y **Av. Las Torres** con un mantenimiento continuo a la carpeta asfáltica, mismas que se utiliza para comunicar a la ZMVT en el sentido oriente-poniente. Dicha oferta se identifica como las principales vías de acceso y la principal problemática es disminuir la saturación que se registra en la conexión de la Carretera México-Toluca con paseo Tollocan (este último saturado), y los tiempos de recorrido actuales en que incurren los automovilistas al querer incorporarse a la Av. Las Torres desde la Carretera Federal México-Toluca. Recorrido que actualmente se hace saliendo de la carretera y dando vuelta en la calle Benito Juárez para posteriormente incorporarse a Las Torres tramo de 1.40 km y con intersecciones semaforizadas que ocasionan demoras y alto congestionamiento vehicular sobre la zona.

El proyecto consistente en la terminación del viaducto que conectará el cuerpo A de la carretera Federal México-Toluca con Av. Las Torres de manera directa, bajo un recorrido de 0.88 km y se evitar las intersecciones semaforizadas de la calle Benito Juárez, lo que genera fluidez en la circulación y reduce tiempos y costos de operación vehicular para los conductores.

En razón de lo anterior, se presentan las características de las dos vías principales por las que circulan los vehículos en la situación actual proyectada, mismas que no presentaran cambios en sus particularidades con la ejecución del proyecto, donde lo que se pretende es recortar la distancia entre un punto y otro, y con esto disminuir costos generalizados de viaje.

Tabla 14 Características físicas y geométricas de las vialidades existentes

Parámetros para ambos sentidos de la vialidad	Carretera México-Toluca Cuerpo A	Av. Las Torres
Longitud del tramo (km)	1.4	1.4
Tipo de terreno	Plano	Plano
Número de carriles	3	3-3
Ancho de calzada (m)	10.5	10.5
Tipo de superficie	Asfalto	Asfalto
Índice de rugosidad (m/km)	3	4
Pendiente media ascendente (%)	1	1
Pendiente media descendente (%)	1	1
Proporción de viaje ascendente (%)	65	65
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2,615	2,615
Curvatura horizontal máxima (grados)	15	15
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Regular	Bueno

Tipo de vialidad	A	A
Camellón	Si	Si
Velocidad de operación promedio (km/h) con congestión	28	28
Velocidad de operación promedio (km/h) sin congestión	33	33

Cabe señalar, que para fines de la evaluación del presente proyecto y con la finalidad de tener una valoración adecuada del mismo, se tomó únicamente el TDPA de conexión de la vía que es la que se incorpora de la avenida Benito Juárez hacia Av. Las Torres dando vuelta a la derecha, ambas avenidas mantienen la misma estructura geométrica dentro de la zona de influencia del proyecto de inversión por lo que no se considera realizar una tramificación de las vialidades que se conectaran mediante el viaducto, razón por la cual se presenta la descripción física y geométrica de las vialidades adyacentes.

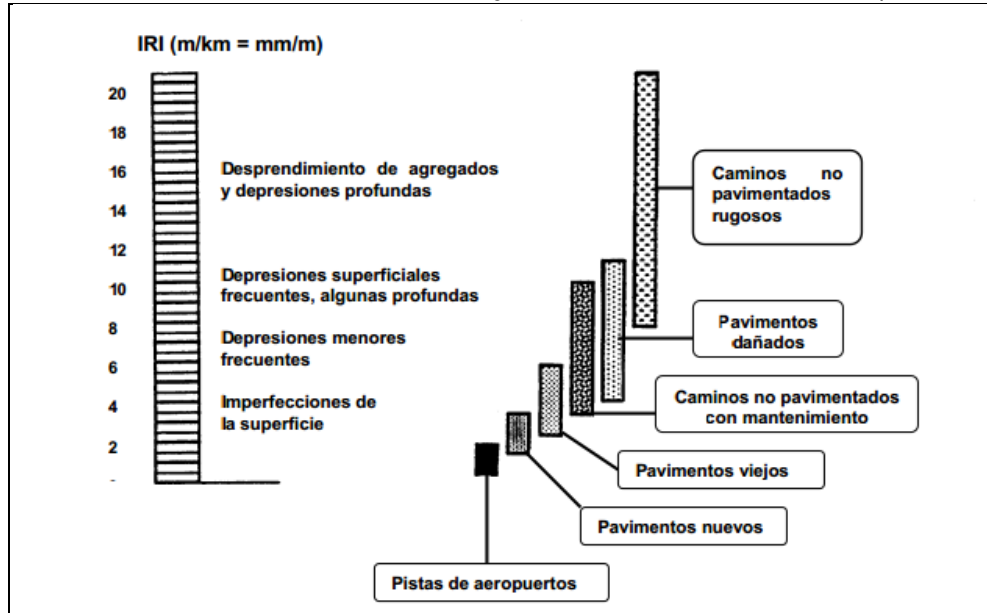
El proyecto considera recortar el itinerario actual que recorren los vehículos para llegar de la carretera México-Toluca a la Av. Las Torres, evitando circular por intersecciones semaforizadas que generen demoras en el recorrido, la evaluación del presente proyecto considera la diferencia de longitudes con lo que se obtienen los beneficios que generaría el proyecto, por lo que no se considera una tramificación en la oferta, con el proyecto habría una conexión directa entre las dos vialidades que se describieron anteriormente.

Índice de Rugosidad Internacional –IRI-. El índice de rugosidad internacional (IRI) de la av. Av. Las Torres observado son de 4 m/Km, mientras que en la Carretera México-Toluca es de 3 m/km. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo, su unidad de medida es m/km. En la siguiente figura se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2m o 3m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquél que es mayor al 95% de las observaciones, e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IIR, en m/km:

$$IIR(m/km) = 0.35 DMR3; DMR3=95 \text{ percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 3m de largo}$$

$IRI (m/km) = 0.437 DMR2$; $DMR2 = 95$ percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2m de largo³

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



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

Situación de la Semaforización en la intersección.

La Av. Las Torres es una de las vialidades principales de la zona metropolitana del Valle de Toluca, en el municipio de Lerma. La combinación de la transformación de los usos industriales, comerciales y habitacionales genera aglomeraciones vehiculares e inseguridad operativa en los movimientos direccionales vehiculares en el cruce a nivel. Este proceso de congestión ubica a este punto con un nivel de servicio con clasificación “E”, lo cual provoca retrasos vehiculares especialmente en horas de mayor demanda.

Actualmente, el cruce ubicado en el municipio de San Mateo se realiza a nivel, mediante una solución semaforizada. Esta situación presenta problemas tales como altos costos Generalizados de Viaje –CGV, caracterizados por bajas velocidades, altos tiempos de cruce para los usuarios, altos costos operacionales para los usuarios que transitan por este cruce vial, esto debido a que el esquema operacional de los equipos de semáforos no está acorde con

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

la demanda de tránsito que circula en estas vialidades, lo cual es a su vez ocasionado por los siguientes factores:

Circulación de altos volúmenes vehiculares.

Los tiempos de las fases de los semáforos funcionan de manera fija, es decir, no operan con relación a la demanda vehicular de las dos vialidades.

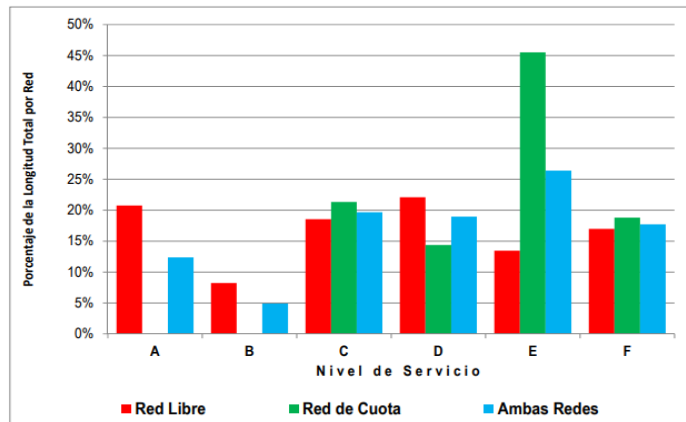
La operación del equipo de semáforos no está coordinada con la de las intersecciones más próximas, cuyo flujo vehicular también está regulado por semáforos.

De lo anterior se tiene como resultado:

- Acumulación de vehículos en la intersección tanto en Av. Las Torres como en la salida de la Carretera Federal México-Toluca.
- Incremento del tiempo de recorrido para cruzar la intersección
- Aumento de los costos de viaje de los usuarios, por incremento en el consumo de combustible.
- Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero generado por los vehículos automotores, por el desarrollo de bajas velocidades de recorrido.

Por otra parte, se consultaron para una mayor referencia la publicación realizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en lo que se refiere a las capacidades y niveles de servicios de la red de carreteras federales libre en el Estado de México⁴.

En esta publicación, 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 acordes con las necesidades socioeconómicas para la planeación, modernización y conservación de la infraestructura carretera. Dicha publicación, destaca que más del 30.41% de las vías libres se encuentran en niveles de servicio E y F.



⁴ http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Capacidades/capacidades_2017/CAPyNS_RED-FED-Pub_R2.pdf

Metodología para determinar las velocidades de operación.

El estado físico, el nivel de congestión y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado y congestionado. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción considerable en los tiempos de recorrido.

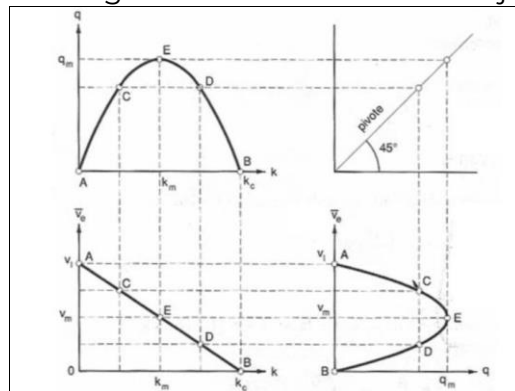
En consecuencia, uno de los aspectos más importantes en la determinación del ahorro en tiempo de recorrido es el cálculo de la velocidad.

Existen distintos métodos para determinar la velocidad de operación promedio de una carretera existente, tales como el del "vehículo flotante", "velocidad de punto", método de "placas", (registrar placas de vehículos y horario de registro en 2 puntos de una misma carretera, se detectan las placas coincidentes y la diferencia en horario nos dará el tiempo en recorrer la distancia entre los 2 puntos). Sin embargo, dichos métodos determinan la velocidad en el momento, de tal manera que, para el comportamiento a futuro de la velocidad en el camino, o para una carretera nueva, es necesario trabajar con algún modelo matemático o de simulación que permita estimarla, para ello las variables más importantes son el tránsito para todo el horizonte de planeación y la capacidad de la vía.

Con estas variables, se puede determinar el nivel de congestión de la carretera y con ello, la velocidad a lo largo del período de análisis. Existen varios modelos que calculan la velocidad como el del Highway Capacity Manual (HCM) de los Estados Unidos de Norteamérica, el del Manual COBA de Inglaterra, el incluido en el modelo de gestión HDM, etc.

La siguiente gráfica⁵ presenta a manera de ejemplo el comportamiento de la velocidad con relación al volumen horario de tránsito, para carreteras de carriles múltiples en condiciones ideales.

Ilustración 9 Diagrama fundamental del flujo vehicular



⁵ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991

La relación Volumen-velocidad se obtiene despejando la densidad k de la siguiente manera:

$$k = k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) \bar{v}_e$$

Reemplazando en la Ecuación :

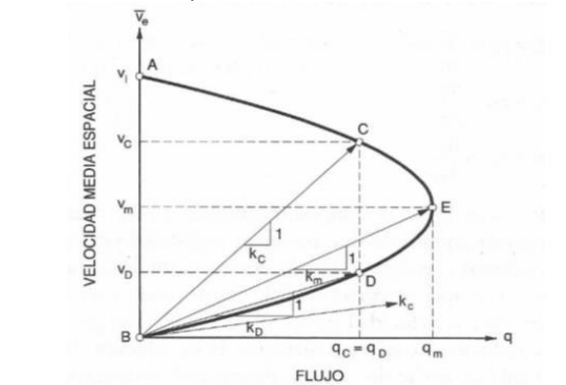
$$\begin{aligned} q &= \bar{v}_e k = \bar{v}_e \left[k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) \bar{v}_e \right] \\ &= \bar{v}_e k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) (\bar{v}_e)^2 \end{aligned}$$

De donde:

$$\bar{v}_e = \frac{v_l}{2} \pm \sqrt{\frac{v_l^2 - 4 \left(\frac{v_l}{k_c}\right) q}{2}}$$

Esta última expresión, indica que entre la velocidad y el flujo existe una relación parabólica, donde para un valor determinado del flujo ($q=q_c=q_D$), hay asociados dos valores de la velocidad (v_c y v_D). En la medida que el flujo q aumenta, desde el punto A a velocidad a flujo libre, la velocidad v progresivamente disminuye. De manera que si para una determinada vialidad, el flujo de entrada q (demanda) se aproxima a la Capacidad q_m (máxima oferta o Servicio), la dinámica del flujo vehicular puede causar que éste se reduzca por debajo de la Capacidad, con velocidades correspondientes a la porción inferior de la curva desde el punto E hasta el punto B, indicando que la operación ocurre a Nivel de congestión.

Ilustración 10 Relación parabólica entre la velocidad y el flujo



Tal como se observa la velocidad depende de la relación volumen-capacidad (v/c) del tramo en análisis considerando que la capacidad del tramo es una constante, en ese sentido la variación del tránsito debido a su crecimiento natural genera un cambio en esa relación es decir cada año se cuenta con una relación v/c diferente, por lo que la velocidad cambia, dicha relación v/c se podría interpretar como un nivel de congestión de la vía.

c) Análisis de la Demanda Actual

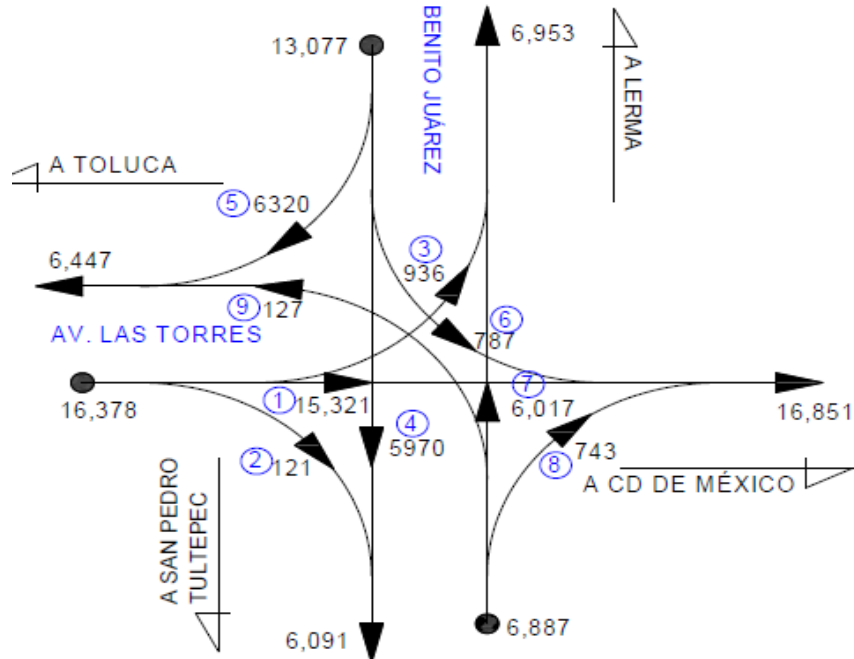
La demanda la constituye los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino. Debido a la saturación del Paseo Tollocan, por el incremento del tránsito, se requiere una vialidad alterna al Paseo Tollocan para los usuarios que transitan desde y hacia la carretera México – Toluca.

Actualmente el acceso desde el cuerpo “A” de la carretera México – Toluca hacia Av. Las Torres se realiza mediante la lateral de la carretera hacia el acceso a San Pedro Tultepec, dónde se localiza un semáforo de cuatro fases, y de ahí una vuelta derecha hacia Av. Las Torres con dirección al poniente.

Para reducir el tiempo de recorrido e incentivar un mayor uso de Av. Las Torres, desde el cuerpo “A” carretera México – Toluca, se realizó un proyecto geométrico de dicho enlace, el cual plantea una solución a desnivel.

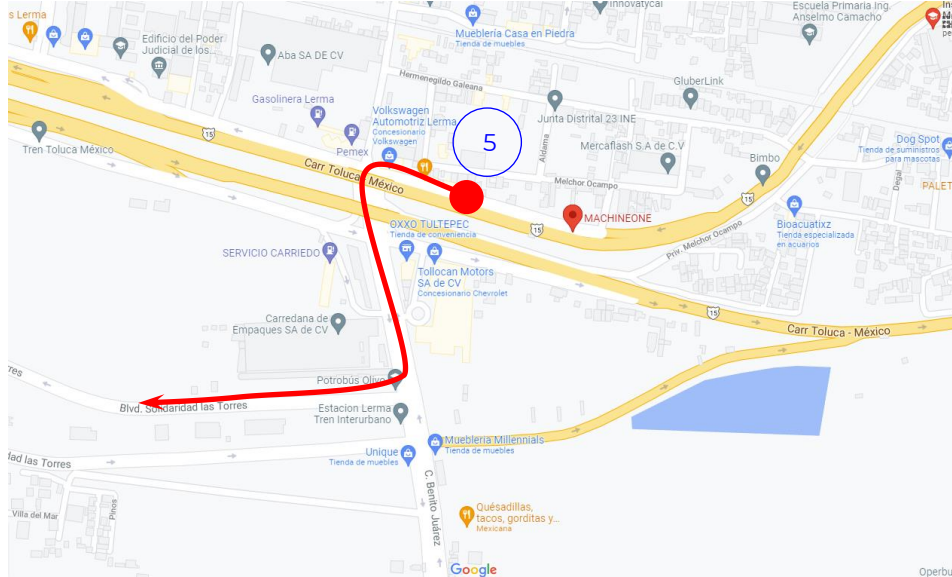
La demanda actual de la intersección a nivel de Av. Las Torres y Calle Benito Juárez se presenta en la siguiente ilustración, donde se muestran los nueve movimientos direccionales con su Tránsito Diario Promedio Anual Año 2015.

Ilustración 11 TDPA por aforo direccional



Fuente: Estudio de Ingeniería de Tránsito

Ilustración 12A punto del aforo direccional



Los movimientos direccionales por vialidad, origen movimiento y TDPA se presenta en la tabla 15.

Tabla 15 TDPA por movimiento direccionales

Movimientos direccionales				
No. Mov	Vialidad	Origen	Movimiento	TDPA 2015
1	Av. Las Torres	Oriente	De frente	15,321
2	Av. Las Torres	Oriente	Vuelta derecha	121
3	Av. Las Torres	Oriente	Vuelta izquierda	936
4	Benito Juárez	Norte	De frente	5,970
5	Benito Juárez	Norte	Vuelta derecha	6,320
6	Benito Juárez	Norte	Vuelta izquierda	787
7	Benito Juárez	Sur	De frente	6,017
8	Benito Juárez	Sur	Vuelta derecha	743
9	Benito Juárez	Sur	Vuelta izquierda	127

Fuente: Estudio de ingeniería de tránsito.

Como lo menciona la tabla anterior en 2015 el TDPA del movimiento 5 referente a la vuelta derecha de la calle Benito Juárez contaba con un tránsito de 5,263 vehículos, tomando como tasa de crecimiento del tránsito el 1.72% que se obtuvo en el estudio de ingeniería para 2019 el TDPA del mismo movimiento sería de 5,635 los cuales se estarán considerando para realizar la evaluación del proyecto.

Tabla 16 Tasa de crecimiento del TDPA

Años	TCT	TDPA
2015	1.72%	6,320
2016	1.72%	6,429
2017	1.72%	6,539
2018	1.72%	6,652
2019	1.72%	6,766

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al anexo del estudio de aforos de 7 días considerando el movimiento 5 que es del origen norte de la vialidad Benito Juárez dando vuelta hacia la derecha para incorporarse a Av. Las Torres, se presentan los siguientes valores de máxima demanda por hora general de la semana en el primer cuadro, en el segundo cuadro considerando solamente días entre semana y el tercer cuadro solo tomando en cuenta días de fin de semana, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 17 Horarios máxima demanda entre semana y fin de semana

Valor Máximo Demanda Semanal		
Max/Min	Valor	Día/Hora
Max	543	Sábado 13:00 a 14:00
Min	152	Domingo 6:00-7:00

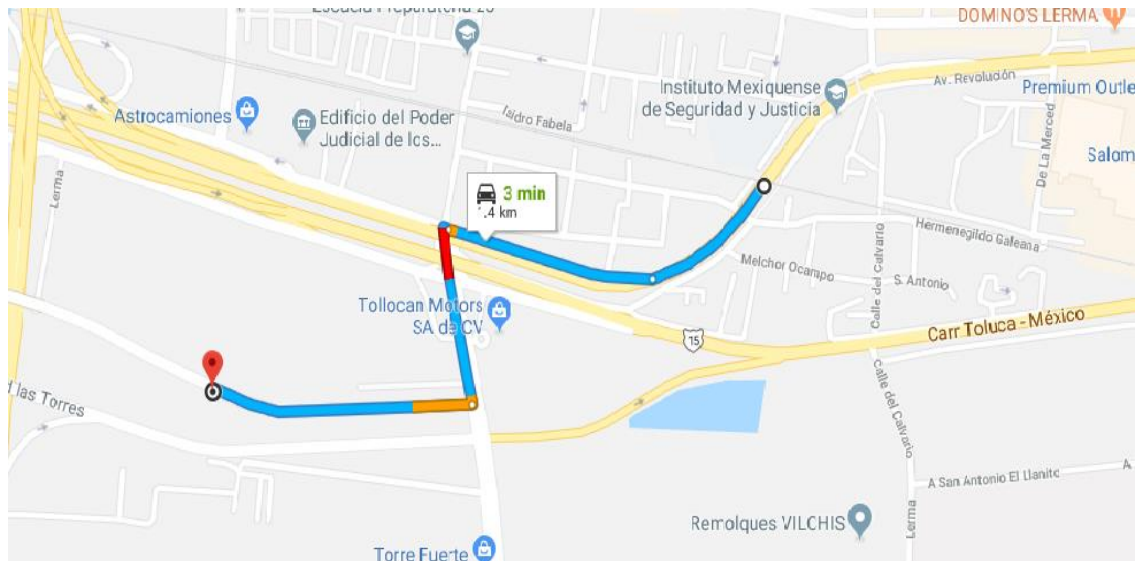
Día entre semana		
Max/Min	Valor	Día/Hora
Max	519	Viernes 14:00 a 15:00
Min	230	Martes 17:00-18:00

Fin de semana		
Max/Min	Valor	Día/Hora
Max	543	Sábado 13:00-14:00
Min	152	Domingo 06:00-7:00

Fuente: Estudio de aforos

Considerando que el recorrido es de 3 minutos para cruzar de la carretera México-Toluca hacia Av. Las Torres donde la distancia actual del recorrido es de 1.4 km se muestra que los vehículos en promedio circulan a 28 km/h en esta zona en periodos de congestión y en situación sin congestión se reduce el recorrido en 30 segundos lo que se traduce en un aumento de velocidad cercano al 17% cuando no se presenta acumulación de vehículos.

Ilustración 13 Recorrido en situación actual con congestión.



Fuente: Google Maps

Transito Diario Promedio Anual

El estudio de ingeniería de tránsito tiene como objetivo el actualizar los volúmenes de tránsito que se presentan en la carretera México – Toluca para obtener un estimado de la demanda que tendrá el enlace del cuerpo “A” de la carretera hacia Av. Las Torres.

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por la vía diariamente y esto se manifiesta a través del Transito Diario Promedio Anual (TDPA), para el caso particular de esta vialidad, la afluencia diaria es del orden de 65,916 vehículos en la carretera México - Toluca.

Del análisis de la intersección, la número 5, vuelta derecha de la calle Benito Juárez hacia Av. Las Torres presentan un TDPA de 6,766 vehículos para el presente año, mismo que es el TDPA utilizada en la evaluación del proyecto.

Si bien el estudio de ingeniería de transito nos da un TDPA de 65,916 vehículos que circulan por el cuerpo A de la Carretera México – Toluca, el TDPA del proyecto representaría el 10% de estos (6,766), mediante movimientos de frente y el otro 90.40% seguir su trayecto por la carretera México-Toluca y/o Paseo Tollocan que son avenidas de 4 y 3 carriles respectivamente y dan salida hacia la zona occidente de la república mexicana para los Estados de Jalisco y Michoacán para los automovilistas que tienen recorridos de largo itinerario, por lo que se tendría un TDPA de 6,766 vehículos que es la identificada en la intersección No. 5 correspondiente a la vuelta derecha de la calle Benito Juárez hacia Av. Las Torres para 2019.

Por otra parte, la clasificación vehicular del entronque es la siguiente:

Tabla 18 Clasificación vehicular

Clasificación Vehicular (%)							
No. Mov.	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
1	59.0	15.0	14.4	2.9	5.8	1.2	1.7
2	87.3	7.5	3.7	1.5	0.0	0.0	0.0
3	80.9	8.6	4.2	4.6	1.1	0.6	0.0
4	74.1	9.8	11.2	2.1	2.8	0.0	0.0
5	68.6	13.4	12.2	1.7	3.4	0.7	0.0
6	74.4	3.6	13.5	1.8	4.2	0.9	1.6
7	76.7	10.6	10.0	0.8	1.9	0.0	0.0
8	76.6	11.2	9.3	1.4	1.5	0.0	0.0
9	87.3	7.5	3.7	1.5	0.0	0.0	0.0

Fuente: Estudio de tránsito.

Para determinar el crecimiento vehicular se procedió a hacer un análisis del crecimiento vehicular de los últimos diez años en el Paseo Tollocan, la cual es una vialidad primaria de la zona y representa el crecimiento vehicular del área. Como resultado se obtuvo una tasa de crecimiento de 9.57% anual lineal. Debido a que es una tasa muy alta y no considera los efectos en el crecimiento o decremento por la implementación del Tren México Toluca.

Por otra parte, en virtud de que la Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres beneficiara en general a toda la Zona Metropolitana del Valle de Toluca donde convergen varios municipios del Estado de México, para la presente Evaluación la proyección del crecimiento de la demanda se parte de tasas de crecimiento de -2.27% el año 1 de -1.0 el año 2 y de 1.72% del año 3 al 30, en razón de la construcción y puesta en marcha del tren interurbano México-Toluca que circulará por la zona de influencia del proyecto, lo que en un inicio podría reducirá la demanda vehicular pero posteriormente estabilizarse e iniciar su crecimiento.⁶

La tabla siguiente presenta el Tránsito Diario Promedio Anual de acuerdo con el movimiento direccional 5 mencionado anteriormente por movimiento de frente y periodo de congestión.

Tabla 19 Tránsito Diario Promedio Anual por movimiento y periodo de congestión

⁶ Proyectos y consultoría especializada para el apoyo tecnológico de los servicios requeridos para el inicio de la explotación comercial, operación, mantenimiento y auscultación estructural del tren interurbano México - Toluca incluyéndose la transferencia de tecnología". Diciembre 2018. Considera una desahogo global de TDPA sobre la vialidad del 3.27% menor.

Vialidad	SC	Movimiento de frente		
		TDPA	Con congestión	Sin congestión
Viaducto de Conexión Cuerpo A	1	6,766	4,398	2,368
Total		6,766	4,398	2,368
Velocidades promedio de operación		28 km/h		33 km/h

Avenida	TDPA Con congestión	TDPA Sin congestión	Composición vehicular		
			A %	B%	C%
Viaducto de Conexión Cuerpo A	4,398	2,368	82.80%	4.40%	12.80%

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio de campo.

Dónde: SC = Sentido de Circulación

*Las velocidades reportadas se refieren a las del automóvil. Las velocidades de autobuses y camiones se incluyen en el modelo de evaluación anexo.

Las velocidades de los movimientos direccionales son la velocidad promedio de todos los movimientos.

Fuente: Información del proyecto. Nota: A= Automóviles / B= Autobuses de pasajeros / C= Camiones de redilas (Pipas de agua, gas LP, etc.), Camiones Torton, camiones con ollas de concretos.

Tabla 20 Demanda

		Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres									
		Con Congestión					Sin Congestión				
Crecimiento Anual	Año	Auto	Autobús	Camión Carga	Total Día	Total Anual	Auto	Autobús	Camión Carga	Total Día	Total Anual
		82.80%	4.40%	12.80%	100.0%	365	82.80%	4.40%	12.80%	100%	365
	0 2022	3,641	194	563	4,398	1,605,234	1,961	104	303	2,368	864,357
-2.27%	1 2023	3,559	189	550	4,298	1,568,795	1,916	102	296	2,314	844,736
-1.00%	2 2024	3,523	187	545	4,255	1,553,107	1,897	101	293	2,291	836,288
1.72%	3 2025	3,584	190	554	4,328	1,579,820	1,930	103	298	2,331	850,672
1.72%	4 2026	3,645	194	564	4,403	1,606,993	1,963	104	303	2,371	865,304
1.72%	5 2027	3,708	197	573	4,478	1,634,633	1,997	106	309	2,411	880,187
1.72%	6 2028	3,772	200	583	4,555	1,662,749	2,031	108	314	2,453	895,326
1.72%	7 2029	3,837	204	593	4,634	1,691,348	2,066	110	319	2,495	910,726
1.72%	8 2030	3,903	207	603	4,714	1,720,440	2,102	112	325	2,538	926,391
1.72%	9 2031	3,970	211	614	4,795	1,750,031	2,138	114	330	2,582	942,324
1.72%	10 2032	4,038	215	624	4,877	1,780,132	2,174	116	336	2,626	958,532
1.72%	11 2033	4,108	218	635	4,961	1,810,750	2,212	118	342	2,671	975,019
1.72%	12 2034	4,178	222	646	5,046	1,841,895	2,250	120	348	2,717	991,790
1.72%	13 2035	4,250	226	657	5,133	1,873,575	2,289	122	354	2,764	1,008,848
1.72%	14 2036	4,323	230	668	5,221	1,905,801	2,328	124	360	2,812	1,026,200
1.72%	15 2037	4,398	234	680	5,311	1,938,581	2,368	126	366	2,860	1,043,851
1.72%	16 2038	4,473	238	692	5,403	1,971,924	2,409	128	372	2,909	1,061,805
1.72%	17 2039	4,550	242	703	5,495	2,005,841	2,450	130	379	2,959	1,080,068
1.72%	18 2040	4,629	246	716	5,590	2,040,342	2,492	132	385	3,010	1,098,646
1.72%	19 2041	4,708	250	728	5,686	2,075,436	2,535	135	392	3,062	1,117,542
1.72%	20 2042	4,789	254	740	5,784	2,111,133	2,579	137	399	3,114	1,136,764
1.72%	21 2043	4,871	259	753	5,883	2,147,445	2,623	139	406	3,168	1,156,316

1.72%	22	2044	4,955	263	766	5,985	2,184,381	2,668	142	412	3,222	1,176,205
1.72%	23	2045	5,040	268	779	6,088	2,221,952	2,714	144	420	3,278	1,196,436
1.72%	24	2046	5,127	272	793	6,192	2,260,170	2,761	147	427	3,334	1,217,014
1.72%	25	2047	5,215	277	806	6,299	2,299,045	2,808	149	434	3,392	1,237,947
1.72%	26	2048	5,305	282	820	6,407	2,338,588	2,857	152	442	3,450	1,259,240
1.72%	27	2049	5,396	287	834	6,517	2,378,812	2,906	154	449	3,509	1,280,899
1.72%	28	2050	5,489	292	849	6,629	2,419,727	2,956	157	457	3,570	1,302,930
1.72%	29	2051	5,584	297	863	6,743	2,461,347	3,007	160	465	3,631	1,325,341
1.72%	30	2052	5,680	302	878	6,859	2,503,682	3,058	163	473	3,694	1,348,136
			138,250	7,347	21,372	166,969	60,943,707	74,443	3,956	11,508	89,906	32,815,842

d) Interacción de la Oferta-Demanda

Velocidades y tiempos de recorrido.

El principal objeto del proyecto es conectar a desnivel el Cuerpo A de la Carretera México – Toluca con la Av. Las Torres con el fin de desfogar Paseo Tollocan y otra de una mejor infraestructura a los usuarios.

De acuerdo a los volúmenes de tránsito de Datos Viales, el Nivel de Servicio en los carriles centrales de Paseo Tollocan es de “C”, y en Carriles Laterales es de “E”, en la estación Entronque San Mateo Atenco.

El Nivel de Servicio en Av. Las Torres en ambos cuerpos son de “A” en el sentido Oriente – Poniente y “B” en el sentido poniente - oriente. La intersección a nivel semaforizada, de dos fases, entre Av. Las Torres y Benito Juárez tiene la siguiente capacidad en horario de máxima demanda:

- Las Torres Poniente – Oriente: 63% de los vehículos cruzan en el primer ciclo de semáforo y el 37% cruzan en el segundo ciclo.
- Benito Juárez Norte – Sur: El 76% de los vehículos cruza en el primer ciclo de semáforo y el 24% cruza en el segundo ciclo.
- Benito Juárez Sur – Norte: El 85% de los vehículos cruza en el primer ciclo de semáforo y el 15% cruza en el segundo ciclo.

Cada ciclo de semáforo dura 1.50 minutos, con 1 minuto para el movimiento de Av. Las Torres y 0.50 minutos para el movimiento de la Calle Benito Juárez.

Tabla 21 Tiempos ciclos de semáforo en las Avenidas

Las Torres		
Ciclos	Veh. (%)	Tiempo (s)
1	63	30
2	37	120

Benito Juarez		
Norte-Sur		
Ciclos	Veh. (%)	Tiempo (s)
1	76	60
2	24	180

Benito Juarez		
Sur-Norte		
Ciclos	Veh. (%)	Tiempo (s)
1	85	60
2	15	180

El tiempo que se encuentra detenido un vehículo, encendido, equivale al tiempo de circular a la velocidad promedio de la vialidad, el sentido de la vialidad en estudio es la calle Benito Juárez de Norte a Sur y de acuerdo al estudio de ingeniería de tránsito se muestra que los vehículos tardan en cruzar esta intersección al 100% lo que implica esperar tres ciclos de semáforo.

Tabla 22 Velocidad del vehículo detenido

Las Torres		
Ciclos	Veh. (%)	km
1	63	0.67
2	37	2.37

Benito Juarez		
Norte-Sur		
Ciclos	Veh. (%)	km
1	76	0.83
2	24	2.50

Benito Juarez		
Sur-Norte		
Ciclos	Veh. (%)	km
1	85	0.83
2	15	2.50

Como conclusión la vialidad registra una velocidad de marcha promedio de 28 Km/h en tiempo con congestión y 33 km/h en tiempo sin congestión. Estas velocidades de marcha se dan por el uso de suelo de la zona donde se registran con paradas de autobuses sobre la vialidad que hacen que disminuya esta velocidad de marcha y la semaforización. Misma que se espera duplicar cuando el proyecto entre en funcionamiento principalmente por la

eliminación de los cruces semaforizados y a las características favorables de la superficie de rodamiento.

La velocidad es un factor muy importante en todo proyecto y factor definitivo al calificar la calidad del flujo del tránsito. Su importancia como elemento básico para el proyecto, queda establecida por ser un parámetro en el cálculo de la mayoría de los demás elementos de proyecto.

Características de los vehículos

Las características de los vehículos de diseño condicionan los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una vialidad. Así tenemos:

El ancho del vehículo adoptado incide en el ancho del carril de las bermas y de los ramales.

La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles en los ramales.

La relación de Peso Bruto total / Potencia guarda relación con el valor de pendiente admisible e incide en la determinación de la necesidad de una vía adicional para los efectos de la capacidad, en la equivalencia en vehículos ligeros.

En general los vehículos que transitan por una vialidad urbana pueden dividirse en vehículos ligeros, pesados y especiales. Los ligeros son de carga de pasajeros tienen 2 ejes y 4 ruedas, los pesados son unidades destinadas al transporte de carga o pasajeros de 2 o más ejes de 6 o más ruedas, en esta denominación se incluyen los camiones y los autobuses y los especiales son aquellos que eventualmente transitan el camino, tales como remolques con dimensiones especiales.

De acuerdo con el estudio se cuenta con una composición vehicular para horario de máxima congestión del 82.80% para vehículos clasificados como A, 4.40% del tipo B, y 12.80% del tipo C, porcentaje utilizado para la cuantificación en el presente estudio.

Clasificación de caminos

De acuerdo a los datos de condiciones de la oferta de infraestructura carretera y a los volúmenes de demanda, a continuación se desarrollan los análisis relacionados con la interacción entre ambos aspectos, abordando por una parte los tiempos de recorrido para los diferentes tipos de vehículos que son el producto de los estudios realizados por la Dependencia y asimismo el cálculo de los costos de operación hechos con el auxilio del software VOCMEX y que servirán para determinar las diferencias con las condiciones de modernización del camino.

Tabla 23 Clasificación de caminos de acuerdo con TDPA. SCT

Tipo de camino	Tránsito Diario Promedio Anual	
	Desde	Hasta
A2	3,000	5,000
A4	5,000	20,000
A4S	Más de 20,000	
B	1,500	3,000
C	500	1,500
D	100	500
E	Hasta 100	

Fuente: SCT

Metodología para estimar el Nivel de Servicio.

El conocimiento del nivel de servicio en el que operan las carreteras permite establecer una comparación entre la oferta y la demanda de servicio, reflejando su grado de eficiencia. En ese sentido, para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen de tránsito y su composición, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

Los niveles de servicio del A al D se definen a partir de unos ciertos valores de la velocidad o tiempo de recorrido y del i/c. El nivel E corresponde a situaciones próximas a la saturación, y el F, se produce cuando por haberse rebasado la capacidad de la vía, las condiciones son inestables y tanto la velocidad como la intensidad pueden fluctuar considerablemente.

La información presentada en este documento se generó mediante la metodología presentada en la publicación “Manual de Capacidad Vial”, editado por esta Secretaría en 1991, a partir de consideraciones de índole general, de las que se pueden citar las siguientes:

La información presentada en este documento se generó mediante la metodología presentada en la publicación “Manual de Capacidad Vial”, editado por esta Secretaría en 1991, a partir de consideraciones de índole general, de las que se pueden citar las siguientes:

Para carreteras de dos carriles, la capacidad en condiciones ideales se consideró de 2800 vph en ambos sentidos de circulación; para carretera multicarril se empleó la de 2000 vph (terreno plano y lomerío).

- Para carreteras de dos carriles, el factor de distribución direccional se consideró como 1.00, tomando una distribución del 50% en cada sentido.
- El factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales se determinó a partir de los anchos de carril y acotamiento observados y o de proyecto.
- El factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente del tránsito se calculó por medio de la ecuación:

$$f_{vp} = (PP + PB EB + PC EC)^{-1}$$

En donde:

PP, PB, PC = Porcentaje de automóviles, autobuses y camiones en la corriente

Del tránsito.

EB, EC = Automóviles ligeros equivalentes por autobuses y por camiones.

Para conocer la capacidad y los niveles de servicio que prevalecen en cada tramo de la red carretera, se consideraron:

- Las condiciones establecidas por las características físicas del camino.
- Las condiciones que dependen de la naturaleza del tránsito vehicular en cuanto a su magnitud y tipo de vehículos.

Por capacidad se entiende como el número máximo de vehículos que pueden circular por un camino durante un lapso de una hora; de esta forma, los niveles de servicio son una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones al movimiento continuo del tránsito, la libertad de manejo y la comodidad.

La expresión básica para calcular el flujo de servicio en análisis de la operación de segmentos generalizados fue la siguiente:

En donde:

FS_i= 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)

El nivel de servicio de cualquier intersección en una vía tiene un efecto importante sobre su desempeño en general operativo. Los factores que

afectan el nivel de servicio en las intersecciones tienen en cuenta el flujo y la distribución del tránsito, las características geométricas y un sistema de señalización.

Una diferencia importante al considerar el nivel de servicio en los segmentos de una vía principal y el nivel de servicio en las intersecciones es que en el primer caso solamente se usan los flujos de travesía, mientras que en el segundo (las intersecciones) se usan los flujos de las maniobras de giros importantes. El sistema de señalización que incluye la asignación del tiempo entre los movimientos en conflicto del tránsito vehicular y de los peatones en la intersección, es también un factor importante. Por ejemplo, la distribución del tiempo de luz verde entre estos flujos conflictivos afecta significativamente la capacidad como la operación en la intersección.

Nivel de servicio

Después de haber obtenido la información en campo se procede a determinar el nivel de servicio, en el que se encuentra funcionando la intersección o avenidas que conforman dicha intersección. Un Nivel de Servicio, es una medida cualitativa que describe las condiciones operativas de flujo vehicular:

- “A” Representa una circulación libre, la comodidad es excelente.
- “B” Se está dentro del campo del flujo estable.
- “C” Pertenece al campo del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios se ve afectada.
- “D” Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable.
- “E” Representa condiciones de funcionamiento en o cerca de la capacidad.
- “F” Se usa para definir el flujo forzado o en colapso.

Estas definiciones son generales y de tipo conceptual, los datos necesarios para poder efectuar un análisis de capacidad son: Volúmenes de tránsito, Características operacionales, características geométricas e Inventario de semáforos. A partir de estos datos se ajustan los volúmenes de tránsito, se calculan las intensidades de saturación, se obtiene el análisis de capacidad y se encuentran los niveles de servicio parcial y total de la intersección. La tabla siguiente muestra el nivel de servicio de las avenidas que conforman la intersección para el tránsito que circula de frente, el cual representa más del 80% del TDPA total de la intersección.

De acuerdo a los volúmenes de tránsito de Datos Viales, el Nivel de Servicio en los carriles centrales de Paseo Tollocan es de “D”, y en Carriles Laterales es de “E”, en la estación Entronque San Mateo Atenco.

Si bien al transitar por Av. Las Torres se observa un buen nivel de servicio entre A y B en ambas direcciones la problemática se presenta en las intersecciones donde en situación sin congestión el nivel de servicio es de “D” mientras que cuando la vía se empieza a congestionar el nivel de servicio desciende a nivel

“E” en la intersección a nivel semaforizada, de dos fases, entre Av. Las Torres y Benito Juárez, por la demora de los vehículos que por ahí transitan.

La demora es una medida muy compleja que depende de un gran número de factores, a continuación, se indican los cuatro principales por orden de importancia mencionados en la página 58 del Manual de capacidad vial de la SCT de 1991:

- Calidad de la sincronización de los semáforos.
- Longitud del ciclo
- Tiempos de verde
- Relación v/c

Para el presente proyecto el nivel de servicio se determina de acuerdo a los segundos de demora que presentan los vehículos en las intersecciones semaforizadas basado en el cuadro del manual de capacidad vial de la SCT.

NIVELES DE SERVICIO PARA INTERSECCIONES CON SEMAFORO

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA POR VEH. DETENIDO (SEG)
A	≤5.0
B	5.1 a 15.0
C	15.1 a 25.0
D	25.1 a 40.0
E	40.1 a 60.0
F	≥60.0

Fuente: Manual de capacidad vial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la Secretaría de Infraestructura, Primera Edición 1991

De acuerdo con el cuadro de demoras del manual de capacidad vial se considera que la situación actual del proyecto de la intersección se encuentra en nivel de servicio “E” debido a que los vehículos tardan en cruzar de 40 a 60 segundos.

Otra consideración para determinar el nivel de servicio en la vialidad es la velocidad promedio lo que confirma que actualmente el camino se encuentra en nivel de servicio “E” donde los vehículos circulan desde 10 a 15 km/h.

Los costos generalizados de viaje (CGV) se obtienen de la suma de los Costos de Operación Vehicular más el tiempo de recorrido en el tramo actual de estudio monetizados. Así se obtiene un valor numérico que se segmenta en dos escenarios con congestión y sin congestión, que nos ayudan a diferenciar escenarios en la vialidad estos se comparan con la situación donde el proyecto ya está en funcionamiento y la diferencia obtenida entre ambas situaciones se expresan como los beneficios del proyecto en términos de CGV.

El “Costo de Operación Vehicular” (COV) mide en términos monetarios, el consumo que le representa al usuario circular por una vialidad determinada.

La unidad con que se expresa es “\$/Km.”. Para su cálculo se incluye el consumo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24 Parámetros para obtener los costos de operación vehicular.

PARÁMETRO	UNIDAD	Automóvil	Autobús	Camión
Utilización del vehículo				
1 no. Kilómetros conducidos por año	Km	25,000.00	240,000.00	180,000.00
2 no. Horas conducidas por año	Horas	2,808.00	2,860.00	2,860.00
3 índice de utilización horaria	Fracción	0.80	0.80	0.85
4 vida útil promedio de servicio	Años	8.00	8.00	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	1=Si 0=No	1.00	1.00	1.00
6 edad del vehículo en kilómetros	Km	75,000.00	750,000.00	600,000.00
7 número de pasajeros por vehículo	#	2.00	23.00	0.00
Costos unitarios				
1 precio del vehículo nuevo	\$	292,051.16	2,211,961.75	1,391,267.00
2 costo del combustible	\$/litro	15.21	16.15	16.15
3 costo de los lubricantes	\$/litro	34.48	33.62	33.62
4 costo por llanta nueva	\$/llanta	1,010	2,830.70	2,650.00
5 tiempo de los operarios	\$/hora	27.70	71.60	58.00
6 tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00
7 mano de obra de mantenimiento	\$/hora	27.15	62.15	43.00
8 retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00
9 tasa de interés anual real	%	3.31	3.31	3.31
10 costos indirectos por vehículo-km	\$	0.45	1.30	2.09

Fuente: Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2018, Publicación Técnica No. 526, del Instituto Mexicano del Transporte, SCT.

En el cuadro siguiente se muestra la segmentación del TDPA considerada para el proyecto en situaciones con y sin congestión, y se incluyen los costos generalizados de viaje (costos de operación vehicular+ tiempos de recorrido) en que incurren los automovilistas al circular por las vialidades que se pretenden conectar con el proyecto del viaducto.

Tabla 25 Interacción oferta-demanda en la situación actual proyectada

Situación Actual Proyectada					
Viaducto conexión cuerpo A					
Año	Con congestión		Sin congestión		Total CGV (mdp)
	TDPA	CGV (mdp) C/C	TDPA	CGV (mdp) S/C	
0	4,398	46	2,368	22	68
1	4,298	45	2,314	22	67
2	4,255	46	2,291	22	68
3	4,328	47	2,331	22	69
4	4,403	47	2,371	23	70
5	4,478	49	2,411	23	72
6	4,555	50	2,453	24	74
7	4,634	51	2,495	24	75
8	4,714	52	2,538	25	77
9	4,795	53	2,582	26	79
10	4,877	54	2,626	26	80
11	4,961	55	2,671	27	82
12	5,046	57	2,717	27	84
13	5,133	58	2,764	28	86
14	5,221	59	2,812	29	88
15	5,311	62	2,860	30	92
16	5,403	63	2,909	30	93
17	5,495	64	2,959	31	95
18	5,590	66	3,010	31	97
19	5,686	68	3,062	32	100
20	5,784	70	3,114	33	103
21	5,883	71	3,168	34	105
22	5,985	74	3,222	35	109
23	6,088	75	3,278	36	111
24	6,192	77	3,334	36	113
25	6,299	79	3,392	37	116
26	6,407	82	3,450	38	120
27	6,517	83	3,509	39	122
28	6,629	85	3,570	40	125
29	6,743	86	3,631	41	127
30	6,859	88	3,694	42	130

Fuente: Elaboración propia. CGV=Costo Generalizado de viaje

Costo Operativo Vehicular (COV) – Situación Actual Proyectada.

Con base en la aplicación del modelo computacional VOC-MEX a cada uno de los vehículos representativos considerados en el presente análisis, se determinaron los siguientes costos operativos vehiculares unitarios o costos base por cada 1,000 vehículo-kilómetro:

Tabla 26 Situación Actual Proyectada –Costo Operativo Vehicular

COV (\$/km)				Situación Actual Proyectada - Con Congestión (\$)				
Año	Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	5.70	17.74	11.07	10,614,865	1,754,589	3,184,342	15,553,796
1	2023	5.70	17.74	11.07	10,374,089	1,714,770	3,112,086	15,200,945
2	2024	5.72	17.80	11.11	10,306,138	1,702,858	3,091,456	15,100,453
3	2025	5.75	17.86	11.15	10,521,093	1,737,659	3,155,669	15,414,421
4	2026	5.77	17.91	11.19	10,741,759	1,773,348	3,221,565	15,736,672
5	2027	5.79	17.97	11.23	10,968,353	1,809,960	3,289,210	16,067,523
6	2028	5.81	18.04	11.27	11,201,108	1,847,528	3,358,668	16,407,304
7	2029	5.84	18.10	11.32	11,440,265	1,886,087	3,430,011	16,756,364
8	2030	5.86	18.17	11.36	11,686,083	1,925,677	3,503,314	17,115,074
9	2031	5.89	18.24	11.41	11,938,833	1,966,336	3,578,653	17,483,823
10	2032	5.91	18.31	11.46	12,198,803	2,008,108	3,656,112	17,863,023
11	2033	5.94	18.39	11.51	12,466,295	2,051,036	3,735,780	18,253,111
12	2034	5.97	18.47	11.57	12,741,633	2,095,168	3,817,747	18,654,548
13	2035	6.00	18.55	11.62	13,025,157	2,140,553	3,902,114	19,067,824
14	2036	6.03	18.63	11.68	13,317,230	2,187,244	3,988,983	19,493,457
15	2037	6.06	18.72	11.74	13,618,236	2,235,298	4,078,466	19,931,999
16	2038	6.09	18.81	11.80	13,928,583	2,284,772	4,170,679	20,384,035
17	2039	6.13	18.90	11.87	14,248,705	2,335,731	4,265,749	20,850,185
18	2040	6.16	19.00	11.94	14,579,064	2,388,240	4,363,807	21,331,112
19	2041	6.20	19.10	12.01	14,920,153	2,442,371	4,464,996	21,827,520
20	2042	6.24	19.21	12.08	15,272,495	2,498,198	4,569,466	22,340,159
21	2043	6.28	19.32	12.15	15,636,651	2,555,802	4,677,377	22,869,831
22	2044	6.32	19.44	12.23	16,013,217	2,615,269	4,788,903	23,417,389
23	2045	6.37	19.56	12.32	16,402,832	2,676,689	4,904,226	23,983,748
24	2046	6.41	19.68	12.40	16,806,179	2,740,159	5,023,544	24,569,882
25	2047	6.46	19.81	12.49	17,223,988	2,805,784	5,147,066	25,176,838
26	2048	6.51	19.95	12.59	17,657,043	2,873,674	5,275,019	25,805,736
27	2049	6.57	20.09	12.69	18,106,183	2,943,947	5,407,645	26,457,775
28	2050	6.62	20.24	12.79	18,572,310	3,016,731	5,545,204	27,134,245
29	2051	6.68	20.39	12.90	19,056,391	3,092,162	5,687,975	27,836,529
30	2052	6.74	20.56	13.01	19,559,469	3,170,386	5,836,262	28,566,117

COV (\$/km)				Situación Actual Proyectada - Sin Congestión (\$)				
Año	Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	TOTAL	
0	2022	5.23	16.39	9.82	5,236,243	872,445	1,521,546	7,630,234
1	2023	5.23	16.39	9.82	5,117,478	852,646	1,487,022	7,457,146
2	2024	5.23	16.39	9.82	5,066,304	844,119	1,472,152	7,382,575
3	2025	5.31	16.64	10.01	5,237,640	871,751	1,526,197	7,635,589
4	2026	5.31	16.64	10.01	5,327,727	886,745	1,552,448	7,766,921
5	2027	5.31	16.64	10.01	5,419,364	901,997	1,579,150	7,900,512
6	2028	5.40	16.90	10.21	5,607,648	932,326	1,638,788	8,178,762
7	2029	5.40	16.90	10.21	5,704,099	948,362	1,666,975	8,319,436
8	2030	5.40	16.90	10.21	5,802,210	964,674	1,695,647	8,462,531
9	2031	5.50	17.19	10.43	6,009,204	997,976	1,761,470	8,768,650

10	2032	5.50	17.19	10.43	6,112,563	1,015,141	1,791,767	8,919,471
11	2033	5.50	17.19	10.43	6,217,699	1,032,602	1,822,586	9,072,886
12	2034	5.61	17.50	10.43	6,445,347	1,069,180	1,853,934	9,368,460
13	2035	5.61	17.50	10.66	6,556,207	1,087,570	1,927,844	9,571,620
14	2036	5.61	17.50	10.66	6,668,973	1,106,276	1,961,002	9,736,252
15	2037	5.72	17.50	10.66	6,919,410	1,125,304	1,994,732	10,039,446
16	2038	5.72	17.83	10.91	7,038,424	1,166,183	2,076,325	10,280,932
17	2039	5.72	17.83	10.91	7,159,485	1,186,241	2,112,038	10,457,764
18	2040	5.84	17.83	10.91	7,435,058	1,206,645	2,148,365	10,790,067
19	2041	5.84	18.18	10.91	7,562,941	1,251,568	2,185,317	10,999,825
20	2042	5.84	18.18	11.18	7,693,023	1,273,095	2,276,946	11,243,064
21	2043	5.97	18.18	11.18	7,996,311	1,294,992	2,316,109	11,607,413
22	2044	5.97	18.18	11.18	8,133,848	1,317,266	2,355,947	11,807,060
23	2045	5.97	18.55	11.46	8,273,750	1,367,491	2,457,104	12,098,344
24	2046	5.97	18.55	11.46	8,416,058	1,391,012	2,499,366	12,306,436
25	2047	6.10	18.55	11.46	8,755,635	1,414,937	2,542,355	12,712,927
26	2048	6.10	18.95	11.46	8,906,232	1,470,147	2,586,084	12,962,462
27	2049	6.10	18.95	11.76	9,059,419	1,495,433	2,699,674	13,254,526
28	2050	6.25	18.95	11.76	9,433,230	1,521,154	2,746,109	13,700,493
29	2051	6.25	18.95	11.76	9,595,481	1,547,318	2,793,342	13,936,142
30	2052	6.25	19.38	11.76	9,760,524	1,609,056	2,841,387	14,210,967

Valor Tiempo Situación Actual Proyectada

Estimación del valor nacional

Para el año 2021, con la actualización de los salarios mínimos vigentes desde el 1 de enero, la CONASAMI publicó el SMGP vigente durante dicho año, arrojando un valor de \$141.70 equivalente a un incremento de 15% con respecto al que publicó en enero de 2020.

Dado que el HTP y el FIP son calculados con base en la información del Censo de Población y Vivienda 2010, estos permanecen constantes hasta que un nuevo Censo sea realizado, por lo que para actualizar el valor del tiempo cada año bastará sustituir los salarios mínimos generales promedio a nivel nacional vigentes a partir de enero de 2021, en las ecuaciones 1 y 2.

A partir del salario mínimo general promedio nacional publicado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI) para 2021, se obtienen los valores siguientes:

Valores HTP y FIP derivados del Censo 2010.

$$SHP(2021) = (3.367 * 141.70 * 7) / 41.444 = 80.58$$

$$VTpp(2021) = (0.3^2) * (3.367 * [141.70 / (41.444 / 7)]) = 48.35$$

De esta manera, con la actualización de los factores FIP y HTP realizada a partir del Censo de Población y Vivienda 2010, se obtuvieron las siguientes estimaciones del valor del tiempo para el año 2021: **\$80.58** para viajes por motivo de trabajo y **\$48.35** para los viajes por placer.⁷

Para la elaboración del beneficio tiempo en la situación optimizada se considera que el 91% de los transportistas lo hacen por motivo de trabajo, mientras que solo el 9% utiliza la vialidad por motivos de placer⁸.

Tabla 27 Tiempo – Situación Actual Proyectada

		Velocidad km/h			Situación Actual Proyectada- Sin Congestión (\$)			
Año		Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	Total
0	2022	35	33	33	4,447,526	2,882,656	7,640,997	14,971,179
1	2023	35	33	33	4,346,567	2,817,220	7,467,546	14,631,333
2	2024	34	32	32	4,429,664	2,876,205	7,623,898	14,929,767
3	2025	34	32	32	4,505,854	2,925,676	7,755,029	15,186,559
4	2026	34	32	32	4,583,355	2,975,998	7,888,416	15,447,768
5	2027	33	31	31	4,803,467	3,124,836	8,282,938	16,211,241
6	2028	33	31	31	4,886,086	3,178,583	8,425,405	16,490,074
7	2029	33	31	31	4,970,127	3,233,255	8,570,322	16,773,703
8	2030	32	30	30	5,213,601	3,398,496	9,008,322	17,620,419
9	2031	32	30	30	5,303,275	3,456,950	9,163,265	17,923,490
10	2032	32	30	30	5,394,491	3,516,409	9,320,874	18,231,774
11	2033	31	29	30	5,664,286	3,700,232	9,481,193	18,845,711
12	2034	31	29	29	5,761,711	3,763,876	9,976,830	19,502,418
13	2035	31	29	29	5,860,813	3,828,615	10,148,432	19,837,859
14	2036	30	29	29	6,160,339	3,894,467	10,322,985	20,377,791
15	2037	30	28	28	6,266,297	4,102,933	10,875,559	21,244,789
16	2038	30	28	28	6,374,077	4,173,503	11,062,619	21,610,199
17	2039	29	28	28	6,707,288	4,245,287	11,252,896	22,205,471
18	2040	29	27	28	6,822,653	4,478,244	11,446,446	22,747,342
19	2041	29	27	27	6,940,003	4,555,269	12,074,559	23,569,831
20	2042	28	27	27	7,311,491	4,633,620	12,282,241	24,227,352
21	2043	28	27	27	7,437,249	4,713,318	12,493,496	24,644,063
22	2044	28	26	26	7,565,170	4,978,787	13,197,168	25,741,124
23	2045	28	26	26	7,695,290	5,064,422	13,424,159	26,183,872
24	2046	27	26	26	8,117,562	5,151,530	13,655,055	26,924,147
25	2047	27	25	26	8,257,184	5,449,742	13,889,922	27,596,848
26	2048	27	25	25	8,399,208	5,543,477	14,693,981	28,636,667
27	2049	26	25	25	8,872,277	5,638,825	14,946,718	29,457,820
28	2050	26	25	25	9,024,880	5,735,813	15,203,801	29,964,495
29	2051	26	24	25	9,180,108	6,077,572	15,465,307	30,722,987
30	2052	26	24	24	9,338,006	6,182,106	16,386,781	31,906,894

⁷ NOTAS núm. 189, ENERO-FEBRERO 2021, artículo 1 Instituto Mexicano del Transporte

⁸ Encuesta Junta de Caminos del Estado de México 2007

		Velocidad km/h			Situación Actual Proyectada - Con Congestión (\$)			
Año		Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	Total
0	2022	30	28	27	9,636,307	6,309,487	17,343,850	33,289,644
1	2023	30	28	27	9,417,563	6,166,261	16,950,145	32,533,969
2	2024	29	27	26	9,644,883	6,330,695	17,426,053	33,401,631
3	2025	29	27	26	9,810,775	6,439,583	17,725,781	33,976,139
4	2026	29	27	26	9,979,521	6,550,344	18,030,664	34,560,529
5	2027	28	26	25	10,513,710	6,919,279	19,074,423	36,507,413
6	2028	28	26	25	10,694,546	7,038,291	19,402,503	37,135,340
7	2029	28	26	25	10,878,492	7,159,350	19,736,227	37,774,068
8	2030	28	26	25	11,065,602	7,282,490	20,075,690	38,423,782
9	2031	28	26	25	11,255,931	7,407,749	20,420,991	39,084,671
10	2032	28	26	25	11,449,533	7,535,163	20,772,233	39,756,928
11	2033	27	25	25	12,077,815	7,971,358	21,129,515	41,178,688
12	2034	27	25	24	12,285,554	8,108,465	22,388,482	42,782,501
13	2035	27	25	24	12,496,865	8,247,931	22,773,564	43,518,360
14	2036	26	25	24	13,200,727	8,389,795	23,165,269	44,755,791
15	2037	26	24	23	13,427,779	8,889,687	24,588,221	46,905,688
16	2038	26	24	23	13,658,737	9,042,590	25,011,138	47,712,466
17	2039	25	24	23	14,449,414	9,198,123	25,441,330	49,088,867
18	2040	25	23	23	14,697,944	9,763,127	25,878,921	50,339,992
19	2041	25	23	22	14,950,749	9,931,053	27,520,585	52,402,387
20	2042	24	23	22	15,841,564	10,101,867	27,993,939	53,937,371
21	2043	24	23	22	16,114,039	10,275,619	28,475,435	54,865,094
22	2044	24	22	21	16,391,201	10,927,467	30,344,508	57,663,176
23	2045	24	22	21	16,673,129	11,115,420	30,866,434	58,654,983
24	2046	23	22	21	17,697,294	11,306,605	31,397,337	60,401,236
25	2047	23	21	21	18,001,688	12,048,749	31,937,371	61,987,808
26	2048	23	21	20	18,311,317	12,255,987	34,111,028	64,678,333
27	2049	23	21	20	18,626,272	12,466,790	34,697,738	65,790,800
28	2050	23	21	20	18,946,643	12,681,219	35,294,539	66,922,402
29	2051	23	21	20	19,272,526	12,899,336	35,901,605	68,073,467
30	2052	23	21	20	19,604,013	13,121,205	36,519,113	69,244,331

e) Alternativas de solución

Al ser un proyecto actualmente en ejecución no se consideran alternativas de solución, ya que se busca demostrar mediante esta actualización que la Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres sigue siendo una opción rentable para su construcción, para tales efectos de evaluación y análisis se tomó la información original, que dio lugar a la necesidad de mejorar esta vía de comunicación, considerando costos actualizados al 2021.

Situación con el PPI

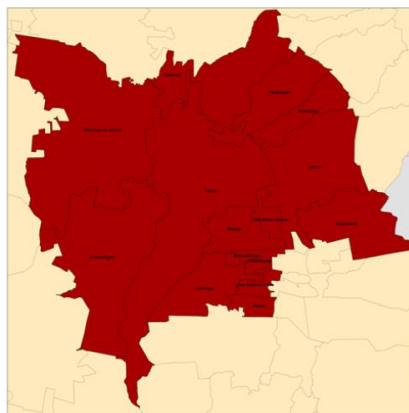
a) Descripción general

Tipo de proyecto de inversión	
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 tiene como principal objetivo la conexión del cuerpo A de la Carretera México – Toluca con Av. Las Torres, desincorporándose por la derecha de la Carretera México – Toluca, cruzando a desnivel los dos cuerpos de las Carretera México – Toluca y la Calle Benito Juárez lo que permita aliviar la ineficiencia de operación vial registrada en “Situación Actual” en la intersección vial de la Autopista Federal Número 15 Toluca-México y su conectividad con Av. Las Torres, a través de la incorporación de un paso superior vehicular.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) que incluye la capital del estado cuenta con 2,152,152 habitantes, distribuidos en 15 municipios mexiquenses que son Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón. San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Toluca, Xonacatlan y Zinacantepec, es un punto donde se articulan los principales ejes carreteros, ferroviarios y aéreos de la entidad; convergiendo las carreteras que conectan con los puntos comerciales más importantes del occidente-centro, como son Morelia, Lázaro Cárdenas, Guadalajara, Manzanillo y conectando por toda la costa del Pacífico con la del Zona Centro del país, en la cual se incluye a la Ciudad de México.

Ilustración 14 Zona Metropolitana del Valle de Toluca

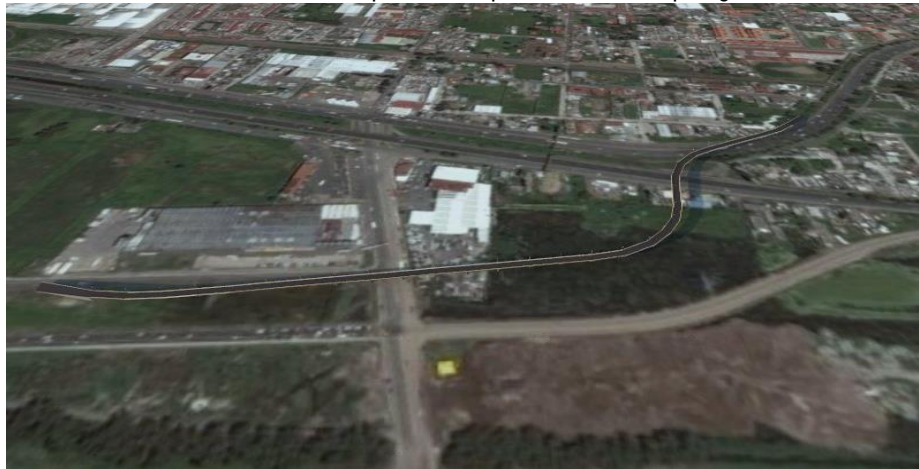


Fuente: http://coespo.edomex.gob.mx/zonas_metropolitanas

Actualmente el acceso desde el cuerpo “A” de la carretera México – Toluca hacia Av. Las Torres se realiza mediante la lateral de la carretera hacia el acceso a San Pedro Tultepec, dónde se localiza un semáforo de cuatro fases, y de ahí una vuelta derecha hacia Av. Las Torres con dirección al poniente.

El viaducto conexión Cuerpo A de la Carretera México – Toluca hacia Av. Las Torres, consta de calzadas de 9.04 m de ancho con dos carriles de circulación. Pendiente máxima del 5%. Los terraplenes de los aproches, de 60 m de longitud cada uno, están proyectados como reforzados por lo que no hay derrame de terracerías. La estructura cuenta con treinta claros con una longitud de 880 m.

Ilustración 15 Esquema operativo del proyecto.



Fuente: Esquema Operativo

Tabla 28 Características físicas y geométricas del viaducto de conexión

Parámetros	Viaducto de conexión cuerpo A
Longitud en km	0.88
Ancho de corona m	9.04
Carriles	1-1
Pendiente máxima %	5
Velocidad promedio con congestión km/h	54
Velocidad promedio sin congestión km /h	59

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16 Esquema operativo zona Lerma



Fuente: Esquema Operativo

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

El proyecto contempla mejorar la comunicación intraurbana e interurbana en la zona metropolitana del valle de Toluca, que permitan la integración del crecimiento urbano, industrial y demográfico futuro, así como el desarrollo económico y social del municipio. Permitiendo así, cumplir con los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2013 -2018, Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2013-2018, Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018 y Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2017-2023.

El proyecto resolverá a desnivel los principales movimientos de corto y largo itinerario del tránsito vehicular, que circula en la Carretera México - Toluca, por medio de la construcción del viaducto de conexión cuerpo A que conecten Av. Las Torres y la Carretera México-Toluca.

La construcción de este viaducto formará parte de la red vial municipal y regional de la zona, cuyos beneficios son:

- Disminución de costos generalizados de viaje.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Mejorar los niveles de servicio
- Baja contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.

Propósito y componentes del proyecto (Marco lógico)

	RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES DE DESEMPEÑO	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	*Contribuir a mejorar las condiciones de transitabilidad en	*Porcentaje de disminución de los	*Encuestas de Satisfacción de	*Dar mantenimiento rutinario por el Estado

	las vialidades del Estado de México. Construcción de viaducto de conexión.	tiempos de recorrido en la vialidad	Usuarios y Calificación anual de la Red.	de acuerdo con el Programa Anual
PROPÓSITO	*Contribuir a mejorar las condiciones de transitabilidad y movilidad de la vialidad. *Habitantes de la Zona Metropolitana de Toluca agilizan su traslado, aumentando su seguridad y al mismo tiempo disminuyendo las emisiones contaminantes generadas por los automotores.	*Disminución del tiempo de traslado por la conclusión de la construcción del distribuidor vial. *Incremento de la velocidad de los vehículos	*Estudios de Velocidad de punto y tiempos de traslado, y Encuestas de satisfacción del usuario.	*Contar con los recursos necesarios previo a la temporada de lluvia, a fin de evitar mayor deterioro y requerimiento de mayor inversión.
COMPONENTES	*Construcción de viaducto de conexión cuerpo A en el entronque Av. Las Torres y Carretera México-Toluca.	*Ahorro en costos totales de operación y en tiempo	*Estudios de transporte y vialidad	*Proceso de licitación en tiempo y forma
ACTIVIDADES	*Realización de estudios *Realización de proyecto ejecutivo *Asignación de presupuesto. *Realización de programa de obra *Ejecución de obra *Supervisión de obra	*Costo por distribuidor vial. *Costo de estudios *Tiempo de ejecución de estudio *Tiempo de realización de obra	*Bitácora de obra *Órdenes de pago	*Presupuestos autorizados *Autorizaciones de pago a tiempo *Apoyo de autoridades municipales

Fuente: elaboración propia

CUADROS Y ESQUEMAS - Análisis de involucrados

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS
Zona Metropolitana del Valle de Toluca	Se quiere agilizar el tránsito vehicular de la Av. Las Torres intersección carretera federal México-Toluca.	El tiempo que se lleva un vehículo en atravesar este tramo.	Proyecto ejecutivo de la construcción de viaducto de conexión cuerpo A Apoyo del Presupuesto de Fondo Metropolitano 2019.
Equipo de la Secretaría de Comunicaciones	Se propone la construcción del viaducto al mismo tiempo solución el problema de circulación de los vehículos de la zona metropolitana del valle de Toluca.	Inexistencia y deficiencias en rutas alternas de traslados (caminos).	Realización de un proyecto ejecutivo que integre el área de construcción y conservación de Dirección General de Vialidad. Presupuesto Estatal para la pavimentación y posterior continuación rehabilitación que dé solución inmediata al problema.

Fuente: "Estado superficial y costos de operación en carreteras", PT202.Instituto Mexicano del Transporte.2002

Ilustración 17 Zona de influencia del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Tipo de estudio: De acuerdo con los Lineamientos para la elaboración y presentación de los estudios costo y beneficio de los programas de inversión, publicado en DOF, con fecha 30 de diciembre del 2013, el tipo de proyecto es *Infraestructura Económica* y por la inversión el estudio es **Costo Beneficio**

Simplificado (Perfil), por corresponder a un proyecto de inversión cuyo monto total es mayor a 50 millones y menor a 500 millones de pesos.

Ilustración 18 Estructura operativa inicial y fin del viaducto



Ilustración 19 Estructura operativa Vista 1, 2 y 3.





Fuente: Esquema Operativo.

La estructura se desarrollará sobre la Avenida Las Torres entronque con Carretera México-Toluca sobre base de estructura que incluye las siguientes especificaciones técnicas:

REPLANTEO EN CAMPO DE EJES DE PROYECTO, BANCOS DE NIVEL, OBRAS DE DRENAJE, PLANIMETRÍA, OBRAS INDUCIDAS

Se replanteará en campo los ejes de proyecto, bancos de nivel, obras de drenaje, planimetría, localización de obras inducidas y en general perfiles y secciones transversales, conforme a proyecto.

El viaducto conexión Cuerpo A de la Carretera México – Toluca hacia Av. Las Torres, consta de calzadas de 9.04 m de ancho con dos carriles de circulación. Pendiente máxima del 5%. Los terraplenes reforzados de 205 m de longitud cada uno. La estructura con una longitud de 468.94 m. Dando una longitud total de 878.94 m.

SUPERESTRUCTURA: formada por doce tramos de 30.64 m, dos tramos de 30.62 m, un tramo de 40.02 m, para un total de 468.94 m de longitud, con base en cinco travesaños sección cajón cada tramo de 1.35 m de peralte los doce tramos extremos y de 1.80 m de peralte el tramo central, de concreto presforzado de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, para las de altura de 1.35 y de 1.80 m, trabajando en colaboración con una losa de concreto reforzado de 20 cm de espesor promedio, con acabado texturizado para superficie de rodamiento, con un ancho total de la sección transversal de 9.04 m, para dos carriles de tránsito, con parapetos Tipo Barrera de 40 cm de ancho en la base y 75 cm de altura, en ambos lados. La Carga Viva de diseño es la IMT 66.5.

SUBESTRUCTURA: la forman dos coronas con diafragmas de concreto reforzado (cargaderos) apoyados en Terraplenes Reforzados y catorce apoyos constituidos por columnas y cabezales de concreto reforzado de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

CIMENTACIÓN: de Zapatas y Pilotes Colados en el Lugar, de 1.20 m de diámetro, de concreto reforzado de 250 kg/cm^2 .

PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento de la conexión al inicio y final para el proyecto es construir una estructura de pavimento flexible debido a la existencia de pavimentos flexibles en ambos extremos del viaducto, con la siguiente estructura:

Carpeta asfáltica. 20 cm

Base hidráulica. 30 cm

Subbase. 30 cm

Ayudada sobre una subrasante de 30 cm

JUNTAS DE DILATACIÓN

La junta de dilatación deberá ser de neopreno tipo GPE 80 DYWIDAG o similar., fijado a perfiles de acero estructural; estos perfiles estarán embebidos a su vez en bloques longitudinales de concreto reforzado de las características y dimensiones indicados en el proyecto. La junta cumplirá con las características siguientes:

Ser una junta estanca.

Resistencia para soportar tráfico pesado.

La calidad de la junta debe ser respaldada por el fabricante, el cual deberá demostrar que la junta se ha comportado satisfactoriamente al menos en cinco obras de características similares.

El perfil o sello será fabricado de un elastómero conocido como polycloropreno extruido. La garantía mínima del perfil de neopreno será de 5 años y deberá cumplir con las normas A.S.T.M. de: dureza (D2240); esfuerzo a la ruptura en tensión (D412); alargamiento a la falla (D412); deformación permanente bajo compresión constante (D395); resistencia al envejecimiento (D573); resistencia a los aceites (D471); resistencia al ozono (D1149), resistencia a bajas temperaturas (D746).

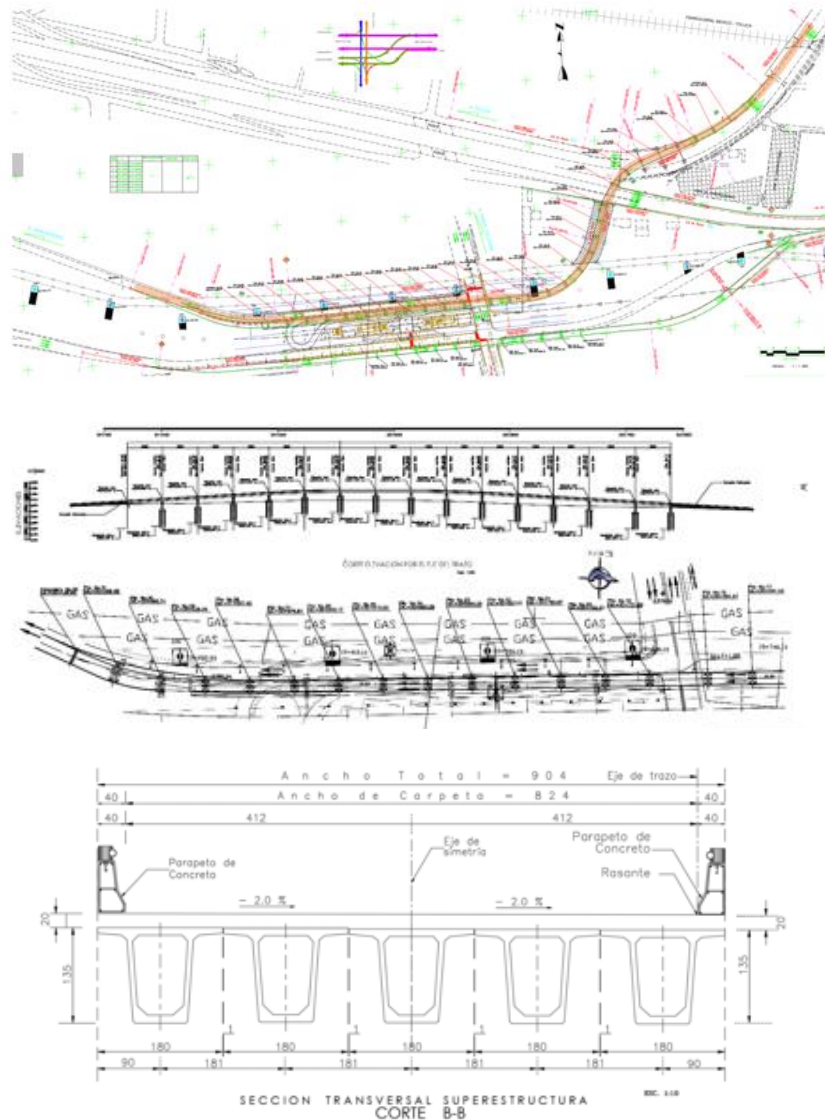
Concreto hidráulico de $f'c=250$ kg/cm², acero de refuerzo LE=4,200 kg/cm², perfiles de acero estructural A-36, ensayos de los materiales con un laboratorio certificado para tales pruebas; mermas y cortes, preparación del espacio para la junta, limpieza, pegamentos, colocación de la junta y, en general lo requerido por la utilización del equipo, herramientas, transportes y mano de obra necesarios para dejar la junta extruida de neopreno colocada y terminada en su lugar definitivo.

APOYOS DE NEOPRENO

Los apoyos de las distintas dimensiones se fabricarán con neopreno de especificación ASTM-D2240, dureza shore 60 ($ft = 100$ kg/cm²) y placa de lámina corrugada estructural A-36 de las dimensiones especificadas en el proyecto y se fundirán en moldes bajo presión y calor. Su fabricación, habilitación y colocación deberán cumplir las recomendaciones del proyecto, así como las siguientes especificaciones: el perfil del neopreno que se utilice en la junta deberá cumplir con las normas A.S.T.M. dureza (D2240); esfuerzo a la ruptura en tensión (D412); alargamiento a la falla (D412); deformación permanente bajo compresión constante (D395); resistencia al envejecimiento

(D573); resistencia a los aceites (D471); resistencia al ozono (D1149), resistencia a bajas temperaturas (D746).

Ilustración 20 Sección transversal y superestructura



Fuente: Proceso constructivo DGV.

Drenaje y subdrenaje y pavimentos

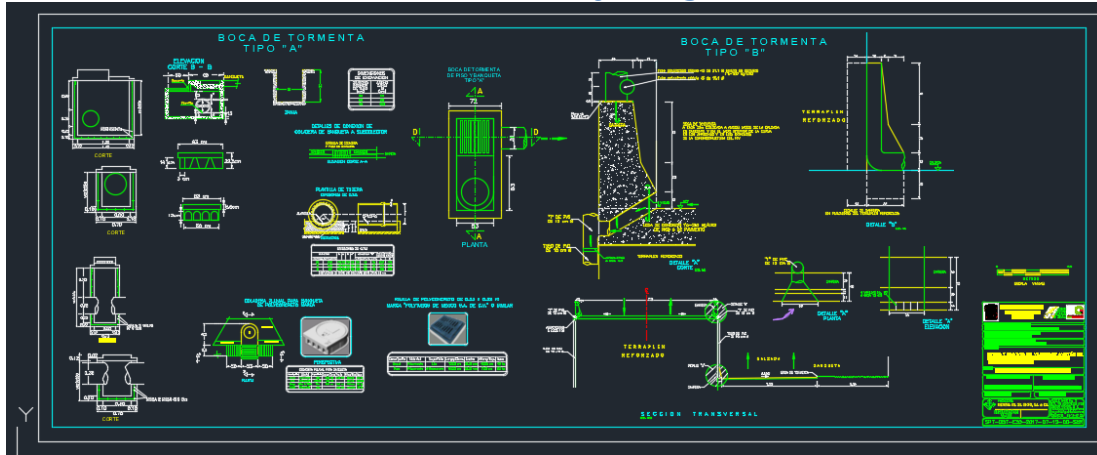
El Viaducto desde su inicio en el Cuerpo “A” hasta ligar con el Cuerpo Norte de la Avenida se Las Torres, no cruza obras de drenaje ni nuevos escurrideros que requieran modificaciones, ampliaciones o nuevas obras menores.

El drenaje de la superficie de rodamiento del Viaducto se realizará con bocas de tormenta y bajadas de aguas, las que descargarán en el drenaje existente.

Cotero de perfil 20-C galvanizado, realizar bases y subbases hidráulicas, riego de impregnación sobre la base con emulsiones asfálticas de rompimiento lento, por unidad de obra terminada, riego de liga con emulsión de

rompimiento rápido, por unidad de obra terminada, carpeta asfáltica de 20 cm de espesor, con mezcla en caliente de granulometría abierta con materiales procedentes de bancos de proyecto con cemento asfáltico AC-20, por unidad de obra terminada.

Ilustración 21 Drenaje de gabinete



Fuente: Proceso constructivo drenaje de gabinete

Señalamientos y dispositivos de seguridad.

Marcas en el pavimento tanto central discontinua como laterales y canalizadoras colocación de señalamiento horizontal como flechas sencillas y dobles botones reflejantes 1 cara, señal preventiva SP-6 Curva, con un tablero de 117 cm X 117 cm, en dos postes, con película reflejante tipo A, por unidad de obra terminada, señal de información general SIG-7 Lugar, con un tablero de 56 cm X 300 cm, en dos postes, con película reflejante tipo A, por unidad de obra terminada, señal informativa de destino SID-13 Bandera, con un tablero de cualquier tamaño, con película reflejante tipo A, por unidad de obra terminada, indicador de curva peligrosa de 60 x 76 cm, REPLANTEO EN CAMPO DE EJES DE PROYECTO, BANCOS DE NIVEL, OBRAS DE DRENAJE, APOYOS, OBRAS INDUCIDAS, juntas de dilatación apoyos de neopreno y alumbrado público.

Alumbrado público solar.

Para el proyecto de iluminación de utilizó el luminario SwaroSquare X2 o similar con las siguientes características:

Dimensiones: 335 x 416 x 77,5 mm

Número de Leds: 2 módulos de 15 (30 en total)

Color de Leds: 4.500 K

Material de la carcasa: aluminio extruido, recubrimiento de polvo de color gris antracita DB 703

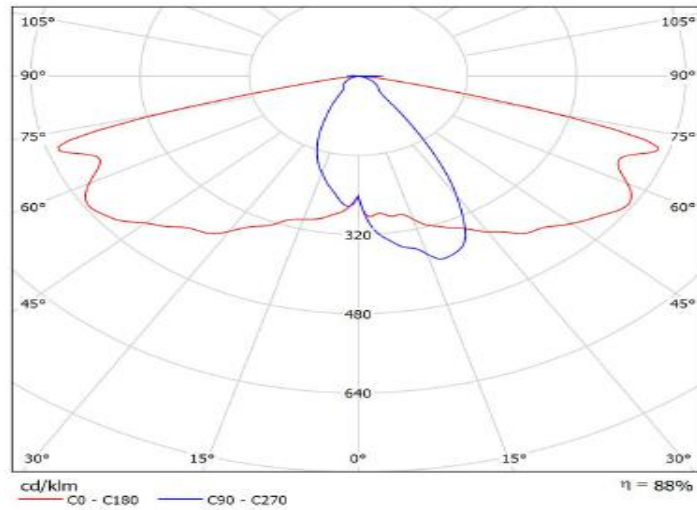
Peso: 4,5 kg

Potencia eléctrica de los Leds: 70 w

Flujo luminoso de los Leds: 13400 lm

Vida útil de los Leds: 50000 h

Ilustración 22 Curva de iluminación de la luminaria



Fuente: Proyecto de alumbrado publico

b) Alineación estratégica

El proyecto es compatible con los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo en materia de infraestructura carretera:

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

“2. **Garantizar empleo, educación, salud y bienestar mediante la creación de puestos de trabajo**, el cumplimiento del derecho de todos los jóvenes del país a la educación superior, **la inversión en infraestructura** y servicios de salud y por medio de los programas regionales, sectoriales y coyunturales de desarrollo: Jóvenes Construyendo el Futuro, Instituto Nacional de Salud para el Bienestar, Universidades para el Bienestar, Pensión Universal para Personas Adultas Mayores, Becas "Benito Juárez", Crédito Ganadero a la Palabra, Producción para el Bienestar, Precios de Garantía a Productos Alimentarios Básicos, programas de Comunidades Sustentables "Sembrando Vida", **de Infraestructura Carretera**, Zona Libre de la Frontera Norte, Tren Maya, Corredor Multimodal Interoceánico y Aeropuerto "Felipe Ángeles" en Santa Lucía.”.

Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023

2.5. OBJETIVO: DESARROLLAR INFRAESTRUCTURA CON UNA VISIÓN DE CONECTIVIDAD INTEGRAL.

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

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

- Fomentar las acciones inherentes a la construcción, modernización, ampliación, conservación, rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura carretera.
- Realizar acciones para disminuir el índice de accidentes en la Infraestructura Vial Primaria

Programa Nacional de Infraestructura 2018 - 2024.

Objetivos:

Lograr el desarrollo regional y el ordenamiento territorial de la nación, con visión de largo plazo.

Transitar hacia una red intermodal de comunicaciones y transportes integral, eficiente, sustentable, segura y moderna.

Lograr un sistema de verdadero respaldo a la competitividad nacional y superar la posición de nuestro país en este rubro, que nos ubica en el lugar 62 de 137 países calificados en el orbe.

Garantizar una infraestructura carretera que se vincule -sin cuellos de botella ni sitios de conflicto sin solución de continuidad- con las infraestructuras de puertos, vías férreas y aeropuertos y sin zonas de riesgo, y que incorpore el equipamiento conveniente para la conectividad de las telecomunicaciones modernas.

Resolver los puntos de conflicto con la infraestructura de las zonas urbanas, que permita el tránsito ágil y seguro de personas y bienes por el territorio nacional y que dé a toda la posibilidad personal, comercial, cultural y política de conectarse con el resto de los mexicanos y con el mundo.

Tres prioridades:

1. Conservación y el mantenimiento de toda la infraestructura existente y terminación de las obras útiles, suspendidas o en proceso.
2. Construcción de caminos pavimentados para todas las cabeceras municipales que carecen de ellos, con mano de obra local y bajo la administración de las autoridades comunales.
3. Plan Nacional de Carreteras Federales. Dará atención prioritaria a las zonas del país donde la infraestructura carretera no ha llegado.

El proyecto en comento es congruente, pues corresponde a los objetivos planteados en el documento rector de la administración estatal del gobierno vigente, al constituir una vialidad que facilitará la movilidad de los mexiquenses; el desarrollo de la "Terminación del viaducto de conexión del

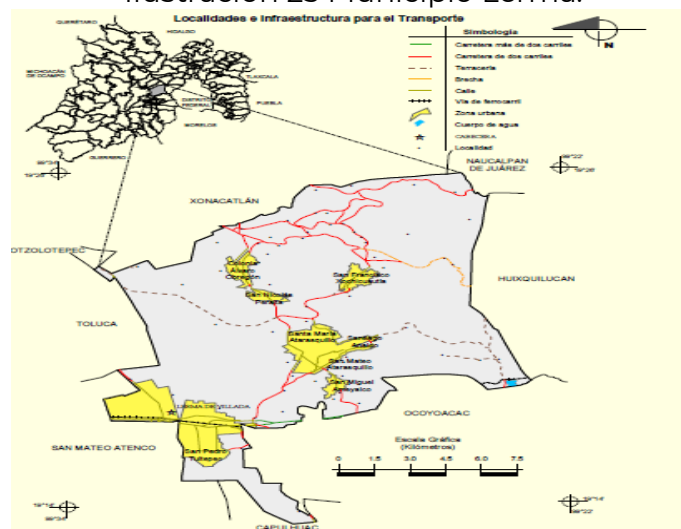
cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres”, dotará a la población de una estructura vial competitiva, lo cual permitirá hacer más eficientes los recorridos en la red, y reducir significativamente las demoras de los usuarios que circulan por esta vialidad.

c) Localización geográfica

El proyecto se ubica en la zona metropolitana del Valle de Toluca, de manera particular en el municipio de Lerma; el cual se encuentra ubicado en el área central del Estado de México; corresponde a la Región IX Lerma en el Estado de México.

El Municipio de Lerma se ubica entre los paralelos 19° 13' y 19° 26' de latitud norte; los meridianos 99° 22' y 99° 34' de longitud oeste; altitud entre 2 500 y 3 500 m. Colinda al norte con los municipios de Xonacatlán, Naucalpan de Juárez y Huixquilucan; al este con los municipios de Huixquilucan y Ocoyoacac; al sur con los municipios de Ocoyoacac, Capulhuac y San Mateo Atenco; al oeste con los municipios de San Mateo Atenco, Toluca, Oztolotepec y Xonacatlán. Ocupa el 0.95% de la superficie del Estado.

Ilustración 23 Municipio Lerma.



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI

Las coordenadas geográficas del proyecto son:

Localización	Latitud	Longitud
Inicio Carretera México-Toluca	19.282091°	-99.508897°
Fin Av. Las Torres	19.279069°	-99.518472°

Fuente: www.cordenadas/GPS/com, con información de google map.

Ilustración 24 Localización geográfica



Fuente: Google Earth

Las zonas urbanas están creciendo sobre suelos del cenozoico y rocas ígneas extrusivas del cenozoico en llanuras y sierras, sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Phaeozem, vertisol, leptosol luvisol y durisol; tienen clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y bosques.

Crecimiento poblacional. - La tasa de crecimiento poblacional media anual en el Estado de México es 1.3% superior a la media nacional que representa el 1%. En el municipio de Lerma para el periodo 1990-2015, es del 7.94%.

Tabla 29 Crecimiento de población 2010-2015 en el Estado de México

Concepto	Unidad de medida	Dato
Tasa media de crecimiento anual de la población, 2015	Porcentaje	1.3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2012.

El clima que predomina en este municipio es templado subhúmedo con lluvias en verano, cuenta con una temperatura rango de 10°C - 14°C con una precipitación pluvial de 800 – 1 300 mm. El nivel de precipitaciones pluviales es una variable que afecta negativamente la calidad de la superficie de rodamiento de la infraestructura vial de la municipalidad y por ende aumenta los costos de conservación y mantenimiento.

d) Calendario de actividades

Calendario de obra completo a 12 meses correspondiente al monto solicitado para la Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres

Importe incluye IVA

ACCIONES	2022												MONTOS C/IVA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Ejecutado 2019													189,266,746.51
Preliminares													
Terracerías													36,793.34
Obras de drenaje													112,426.89
Pavimentación													692,427.26
Señalamiento													940,877.53
Puente vehicular													44,518,795.42
Supervisión													926,026.41
Obra Inducida CFE													100,000,000.00
Derecho de vía													46,400,000.00
Monto total de inversión			9,697,532.13	9,725,638.85	9,707,242.18	26,373,908.85	26,373,908.85	26,518,908.95	26,518,908.95	26,518,908.95	26,989,347.73	5,203,041.43	382,894,093.36

e) Monto total de inversión

Monto total de inversión Ejecutada	
Componentes/Rubros	Monto de Inversión S/IVA (\$)
Terracerías	9,887,912.49
Pavimentos	686,937.42
Cimentaciones	11,726,139.29
Estructuras	132,700,298.23
Placas y apoyos Integrales de Neopreno	966,212.19
Precios Extraordinarios	4,020,842.83
Supervisión	3,172,645.94
Subtotal Ejecutado	163,160,988.37
Monto total de inversión para Terminación	
Terracerías	31,718.40
Obras de drenaje	96,919.73
Pavimentos	596,920.05
Señalamiento	811,101.32
Puente vehicular	38,378,271.91
Supervisión	798,298.63
Obra Inducida CFE	86,206,896.55
Derecho de vía	40,000,000.00
Subtotal para Terminación	166,920,126.59
Suma Componentes/Rubros	330,081,114.96
Impuesto al valor agregado	52,812,978.39
Otros impuestos	0.00
Total	382,894,093.35

Los trabajos del proyecto original consisten en 27 apoyos con dos rampas, rampa de acceso y de salida, de los cuales se realizó la construcción del apoyo 9 al 27 y la rampa de salida. La obra es a base de pilas de cimentación, zapatas, columnas y cabezales fabricados en obra, traveses de concreto tipo cajón prefabricadas, diafragmas metálicos, losas de rodamiento y parapeto metálico.

Para la terminación del proyecto se llevará a cabo la construcción de los apoyos del 1 al 8 y rampa de acceso, se realizarán trabajos de pilas de cimentación, zapatas, columnas, cabezales, traveses de concreto tipo cajón prefabricadas, losas de rodamiento, diafragmas metálicos y parapeto metálico.

Para los trabajos de derecho de vía se llevará a cabo la conciliación con las personas afectadas por la construcción del viaducto, las cuales caen en el derecho de vía del viaducto o para la línea de 85 kv de comisión federal de

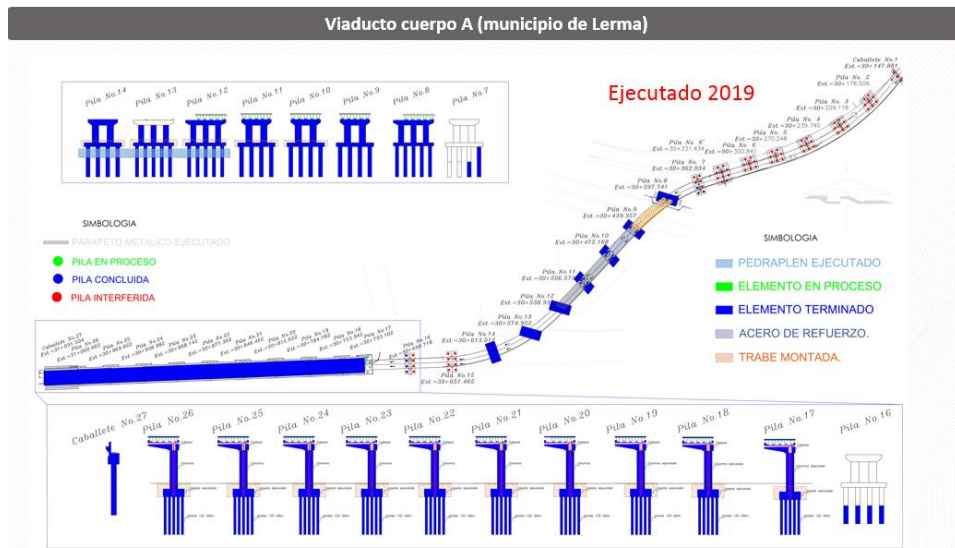
electricidad y/o en el trazo de la obra, de lo cual se tiene contemplado la realización de 3 contratos según lo siguiente:

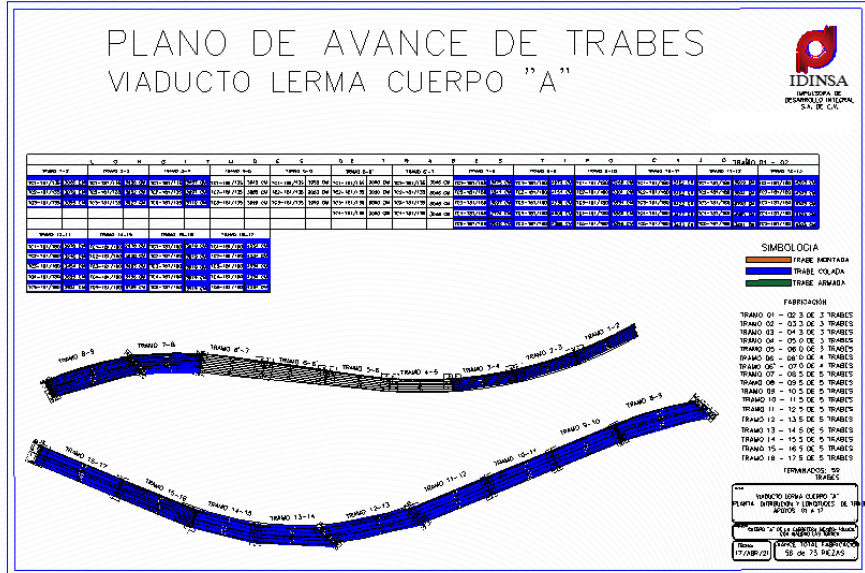
Primer contrato: se llevarán a cabo las gestiones correspondientes para las modificaciones de las líneas de transmisión que interfieren en el trazo del viaducto.

Segundo contrato: Consiste en realizar un desvío provisional de una línea de transmisión de 85 kv para la construcción de los apoyos que estaban interferidos por la misma línea.

Tercer contrato: se realizará la modificación de la línea definitiva de transmisión de 85 kv y la modificación de líneas de transmisión de 230 kv y 400 kv la cual de ser aérea pasará a ser subterránea.

Se muestra el detalle del monto de inversión ejecutado en 2019





f) Financiamiento

Fuente de los Recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
1. Federales			
2. Estatales	Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD) 2019	\$189,266,746.50	49.4%
	Programa de Acciones para el Desarrollo (PAD) 2022	\$193,627,346.85	50.6%
3. Municipales			
4. Fideicomisos			
5. Otros			
Total		\$382,894,093.35	100%

g) Capacidad instalada

El paso elevado para conectar la Carretera Federal México Toluca cuerpo A con Av. Las Torres, tendrá una distancia de .085 km de longitud.

La capacidad instalada resultante de la implementación del proyecto permitirá incrementar el nivel de servicio y seguridad operativa en la intersección vial de Av. Las Torres entronque con Carretera México-Toluca. El diseño operacional permitirá incrementar la capacidad y seguridad de cerca de 9,000 vehículos motorizados diariamente en los primeros años de operación. La incorporación de un número de vehículos como consecuencia de la construcción del viaducto de conexión cuerpo A de la carretera México-Toluca mejora el nivel de servicio, que se determina con base en los segundos de demora que tendrán los vehículos al estar en funcionamiento el proyecto, de acuerdo a el cuadro de la página 58 del manual de capacidad vial de la SCT al tener una demora de 5 segundos o menos se considera que la vialidad brinda un nivel de servicio A.

NIVELES DE SERVICIO PARA INTERSECCIONES CON SEMAFORO

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA POR VEH. DETENIDO (SEG)
A	≤5.0
B	5.1 a 15.0
C	15.1 a 25.0
D	25.1 a 40.0
E	40.1 a 60.0
F	≥60.0

Fuente: Manual de capacidad vial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la Secretaria de Infraestructura, Primera Edición 1991

El supuesto para determinar el nivel de servicio futuro depende de la ejecución del proyecto y derivado de la eliminación de intersecciones semaforizadas se considera que ya no existirá el concepto de demoras por lo que se contará con un nivel de servicio "A" independientemente de los vehículos que transiten por el paso elevado.

Tabla 30 Capacidad instalada con Congestión

Año	Viaducto de conexión cuerpo A		
	TDPA	Velocidad (km/hr) *	NS
1	4,298	60	A
2	4,255	58	A
3	4,328	58	A
4	4,403	58	A
5	4,478	57	A
6	4,555	57	A
7	4,634	57	A
8	4,714	55	A
9	4,795	55	A
10	4,877	55	A
11	4,961	53	A
12	5,046	53	A
13	5,133	53	A
14	5,221	52	A
15	5,311	52	A
16	5,403	52	A
17	5,495	50	A
18	5,590	50	A
19	5,686	50	A
20	5,784	48	A
21	5,883	48	A
22	5,985	48	A
23	6,088	48	A
24	6,192	47	A
25	6,299	47	A
26	6,407	47	A
27	6,517	45	A
28	6,629	45	A
29	6,743	45	A
30	6,859	45	A

*Velocidades y TDPA para vehículos en periodo con congestión

Considerando la naturaleza del proyecto donde se eliminará el cruce de la intersección semaforizada con lo que no se presentaran demoras y tomando en cuenta que el paso elevado tendrá un TDPA con congestión de hasta 6,859 vehículos de acuerdo con las estimaciones de crecimiento del tránsito se considera que operara en condiciones óptimas brindando un nivel de servicio "A" debido a que la velocidad promedio de circulación será de 40 km/h en el año 30 para los automovilistas que transiten en el viaducto de conexión.

Tabla 31 Nivel de servicio.

Condiciones de flujo de tránsito		
Nivel de Servicio	Descripción	Velocidad Global (km/h)
A	Flujo Libre	>= 40
B	Flujo Estable	>= 30
C	Flujo Estable	>= 25
D	Aproximándose a Flujo Inestable	>= 15

E (Capacidad)	Flujo Inestable	Menor que 15
F	Flujo Inestable	Paradas Frecuentes

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras

h) Vida útil

Vida útil del proyecto de inversión

Vida útil del proyecto de inversión	30 años
-------------------------------------	---------

Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto de inversión

La ejecución del proyecto está a cargo la Dirección General de Vialidad del Estado de México.

i) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios técnicos

Técnicamente el proyecto ejecutivo se realiza de acuerdo con la normatividad vigente de la SCT, normativa estatal y se está a la espera del visto bueno correspondiente. Se anexa acuse oficio número 231091000/1123/2018 fecha 13 de septiembre 2018

Estudios legales

Se realizaron reuniones la SCT para solicitar el aprovechamiento del derecho de vía de las líneas de alta tensión y el Ferrocarril Toluca – Valle de México.

Estudios ambientales

Al ser un proyecto actualmente en ejecución se dispone de los Permisos Ambientales otorgados por parte de la SEMARNAT.

Estudios de mercado

El mercado del proyecto está dado por su tránsito y las vialidades existentes, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a cabo en las secciones anteriores se equipará al estudio de mercado.

j) Análisis de la Oferta

Propone el incremento de la oferta, a través de la terminación de la construcción del viaducto de conexión cuerpo “A”, el estado físico de la superficie sería bueno, con acotamientos a nivel, tipo de terreno plano.

Tabla 32 Características físicas y geométricas del camino en la situación sin proyecto.

Parámetros para ambos sentidos de la vialidad	Viaducto de conexión cuerpo A
Longitud del tramo (km)	0.88
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de corona (m)	9.04
Tipo de superficie	Asfalto

Índice de rugosidad (m/km)	3
Pendiente media ascendente (%)	5
Pendiente media descendente (%)	5
Proporción de viaje ascendente (%)	65
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2,615
Curvatura horizontal máxima (grados)	15
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno
Tipo de vialidad	A
Camellón	No
Velocidad de operación promedio (km/h) con congestión	54
Velocidad de operación promedio (km/h) sin congestión	59

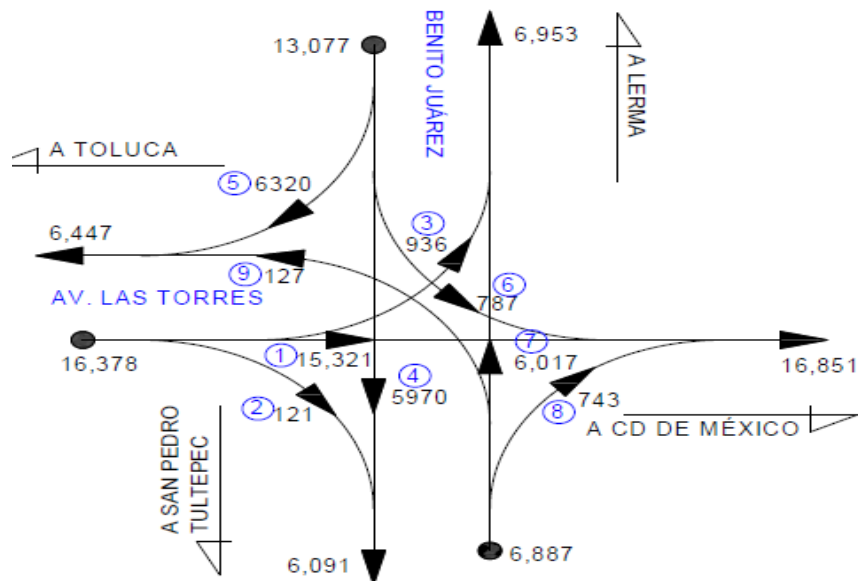
Fuente: Elaboración Propia

k) Análisis de la Demanda

En esta sección se considerará el impacto que tendría sobre el mercado la realización del proyecto. Para dicho análisis deberá compararse la situación actual proyectada con la situación con proyecto, de tal manera que se identifiquen los impactos atribuibles al proyecto exclusivamente, mismos que deberán reflejarse en el flujo de costos y beneficios. Este análisis deberá comparar las estimaciones de la Oferta y Demanda incluidas en el punto anterior con las estimadas en la "Situación con proyecto".

Del análisis de la intersección número 5, la salida de la calle Benito Juárez hacia Av. Las Torres presentan un TDPA de 5,263 dato obtenido en 2015, considerando la tasa de crecimiento de 1.72% derivada del estudio de ingeniería de tránsito se obtienen 5,635 de TDPA el cual será la utilizada para el proyecto del viaducto de conexión.

Ilustración 25 Aforos direccionales



Fuente: Estudio de Ingeniería de tránsito

Tabla 33 Vehículos por movimiento direccional

Movimientos direccionales				
No. Mov	Vialidad	Origen	Movimiento	TDPA 2015
1	Av. Las Torres	Oriente	De frente	15,321
2	Av. Las Torres	Oriente	Vuelta derecha	121
3	Av. Las Torres	Oriente	Vuelta izquierda	936
4	Benito Juárez	Norte	De frente	5,970
5	Benito Juárez	Norte	Vuelta derecha	6,320
6	Benito Juárez	Norte	Vuelta izquierda	787
7	Benito Juárez	Sur	De frente	6,017
8	Benito Juárez	Sur	Vuelta derecha	743
9	Benito Juárez	Sur	Vuelta izquierda	127

Fuente: Estudio de Ingeniería de tránsito

Tabla 34 Tasa de crecimiento del TDPA

Años	TCT	TDPA
2015	1.72%	6,320
2016	1.72%	6,429
2017	1.72%	6,539
2018	1.72%	6,652
2019	1.72%	6,766

Fuente: Elaboración propia.

Si bien el estudio de ingeniería de tránsito nos da un TDPA de 65,916 vehículos que circulan por el cuerpo A de la Carretera México – Toluca, el TDPA del proyecto representaría el 8.5% de estos (5,635), mediante movimientos de frente y el otro 91.5% seguir su trayecto por la carretera México-Toluca y/o Paseo Tollocan que son avenidas de 4 y 3 carriles respectivamente y dan salida hacia la zona occidente de la república mexicana para los Estados de Jalisco y Michoacán para los automovilistas que tienen recorridos de largo itinerario, por lo que se tendría un TDPA de 5,635 vehículos que se obtiene después de considerar el 1.72% de tasa de crecimiento del tránsito anual en la intersección No. 5 correspondiente a la vuelta derecha de la calle Benito Juárez hacia Av. Las Torres

Por otra parte, como se mencionó en el análisis de los indicadores de crecimiento la demanda de vehículos que circulan por la zona presentara disminución por la construcción y puesta en marcha del tren interurbano México-Toluca, que con datos del Estudio Costo-Beneficio **“Proyectos y Consultoría Especializada para el Apoyo Tecnológico de los Servicios Requeridos para el Inicio de la Explotación Comercial, Operación, Mantenimiento y Auscultación Estructural del Tren Interurbano México - Toluca Incluyéndose la Transferencia de Tecnología”** estima que la

demanda global de vehículos en el tramo que comprende el tren disminuirá en 3.27% durante la vida útil del proyecto.

Tabla 35 Tasa de crecimiento del tránsito global derivada de la construcción del Tren Interurbano México-Toluca

Tren Interurbano México-Toluca			
Escenarios	S1	S2	TDPA Global
Situación actual	1,816,555	874,638	2,691,193
Situación con proyecto	1,757,194	846,057	2,603,251
TCT	-3.27%	-3.27%	-3.27%

Fuente: "Proyectos y Consultoría Especializada para el Apoyo Tecnológico de los Servicios Requeridos para el Inicio de la Explotación Comercial, Operación, Mantenimiento y Auscultación Estructural del Tren Interurbano México - Toluca Incluyéndose la Transferencia de Tecnología" Páginas 271 y 623

El crecimiento de vehículos de motor registrados en circulación en México para marzo de 2018 es de 3.1% según anual según cifras del INEGI⁹, teniendo en el tercer mes de este año un total de 30, 300,242 vehículos y el crecimiento del PIB en la entidad promedia 2.93%. En virtud de que la construcción del viaducto de conexión cuerpo A en Av. Las Torres y la Carretera México-Toluca beneficiara en general a toda la Zona Metropolitana del Valle de Toluca donde convergen varios municipios del Estado de México para la presente Evaluación la proyección de la demanda se tomará la tasa de crecimiento de -2.27% del año 1 y de -1% para el año 2, del año 3 al 30 de 1.72% a razón, de la construcción y puesta en marcha del tren interurbano México-Toluca que circulara por la zona de influencia del proyecto en los primeros años del proyecto y la estimación de crecimiento señalada en el estudio de ingeniería de tránsito, lo que en un inicio reducirá la demanda vehicular pero posteriormente ira en aumento.

Tabla 36 Tránsito Diario Promedio Anual por movimiento y periodo de congestión

Vialidad	SC	Movimiento de frente		
		TDPA	Con congestión	Sin congestión
Viaducto de conexión cuerpo A	1	6,766	4,398	2,368
Total		6,766	4,398	2,368
Velocidad promedio de operación			54 km/h	59 km/h

Avenida	TDPA Con congestión	TDPA Sin congestión	Composición vehicular		
			A %	B%	C%
Viaducto de conexión cuerpo A	4,398	2,368	82.80%	4.40%	14.40%

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio de campo.

Dónde: SC = Sentido de Circulación

⁹ Vehículos de motor registrados en circulación serie mensual 2017 a 2018 INEGI.

*Las velocidades reportadas se refieren a las del automóvil. Las velocidades de autobuses y camiones incluyen en el modelo de evaluación anexo. Las velocidades de los movimientos direccionales son la velocidad promedio de todos los movimientos.

Fuente: Información del proyecto. Nota: A= Automóviles / B= Autobuses de pasajeros / C= Camiones de redilas (Pipas de agua, gas LP, etc.), Camiones Torton, camiones con ollas de concretos.

Tabla 37 Demanda

		Terminación del viaducto de conexión del cuerpo "A" de la carretera federal México - Toluca con el Blvd. Solidaridad Las Torres									
		Con Congestión					Sin Congestión				
Crecimiento Anual	Año	Auto	Autobús	Camión Carga	Total Día	Total Anual	Auto	Autobús	Camión Carga	Total Día	Total Anual
		82.80%	4.40%	12.80%	100.0%	365	82.80%	4.40%	12.80%	100%	365
	0 2022	3,641	194	563	4,398	1,605,234	1,961	104	303	2,368	864,357
-2.27%	1 2023	3,559	189	550	4,298	1,568,795	1,916	102	296	2,314	844,736
-1.00%	2 2024	3,523	187	545	4,255	1,553,107	1,897	101	293	2,291	836,288
1.72%	3 2025	3,584	190	554	4,328	1,579,820	1,930	103	298	2,331	850,672
1.72%	4 2026	3,645	194	564	4,403	1,606,993	1,963	104	303	2,371	865,304
1.72%	5 2027	3,708	197	573	4,478	1,634,633	1,997	106	309	2,411	880,187
1.72%	6 2028	3,772	200	583	4,555	1,662,749	2,031	108	314	2,453	895,326
1.72%	7 2029	3,837	204	593	4,634	1,691,348	2,066	110	319	2,495	910,726
1.72%	8 2030	3,903	207	603	4,714	1,720,440	2,102	112	325	2,538	926,391
1.72%	9 2031	3,970	211	614	4,795	1,750,031	2,138	114	330	2,582	942,324
1.72%	10 2032	4,038	215	624	4,877	1,780,132	2,174	116	336	2,626	958,532
1.72%	11 2033	4,108	218	635	4,961	1,810,750	2,212	118	342	2,671	975,019
1.72%	12 2034	4,178	222	646	5,046	1,841,895	2,250	120	348	2,717	991,790
1.72%	13 2035	4,250	226	657	5,133	1,873,575	2,289	122	354	2,764	1,008,848
1.72%	14 2036	4,323	230	668	5,221	1,905,801	2,328	124	360	2,812	1,026,200
1.72%	15 2037	4,398	234	680	5,311	1,938,581	2,368	126	366	2,860	1,043,851
1.72%	16 2038	4,473	238	692	5,403	1,971,924	2,409	128	372	2,909	1,061,805
1.72%	17 2039	4,550	242	703	5,495	2,005,841	2,450	130	379	2,959	1,080,068
1.72%	18 2040	4,629	246	716	5,590	2,040,342	2,492	132	385	3,010	1,098,646
1.72%	19 2041	4,708	250	728	5,686	2,075,436	2,535	135	392	3,062	1,117,542
1.72%	20 2042	4,789	254	740	5,784	2,111,133	2,579	137	399	3,114	1,136,764
1.72%	21 2043	4,871	259	753	5,883	2,147,445	2,623	139	406	3,168	1,156,316
1.72%	22 2044	4,955	263	766	5,985	2,184,381	2,668	142	412	3,222	1,176,205
1.72%	23 2045	5,040	268	779	6,088	2,221,952	2,714	144	420	3,278	1,196,436
1.72%	24 2046	5,127	272	793	6,192	2,260,170	2,761	147	427	3,334	1,217,014
1.72%	25 2047	5,215	277	806	6,299	2,299,045	2,808	149	434	3,392	1,237,947
1.72%	26 2048	5,305	282	820	6,407	2,338,588	2,857	152	442	3,450	1,259,240
1.72%	27 2049	5,396	287	834	6,517	2,378,812	2,906	154	449	3,509	1,280,899
1.72%	28 2050	5,489	292	849	6,629	2,419,727	2,956	157	457	3,570	1,302,930
1.72%	29 2051	5,584	297	863	6,743	2,461,347	3,007	160	465	3,631	1,325,341
1.72%	30 2052	5,680	302	878	6,859	2,503,682	3,058	163	473	3,694	1,348,136
		138,250	7,347	21,372	166,969	60,943,707	74,443	3,956	11,508	89,906	32,815,842

Fuente: Elaboración Propia

I) Interacción de la Oferta-Demanda

En el proyecto de inversión los tiempos de espera para cruzar en horario de máxima demanda serían los siguientes:

1. Av. Las Torres: 100% de los vehículos pasan en un ciclo de semáforo.
2. Calle Benito Juárez Norte - Sur: 100% de los vehículos pasan en un ciclo de semáforo
3. Calle Benito Juárez Sur – Norte: 100% de los vehículos pasan un ciclo de semáforo

El ciclo de semáforo es de 1 minuto 30 segundos lo que representa un retraso por ciclo de semáforo como sigue:

Tabla 38 Demoras situación con proyecto.

Las Torres		
Ciclo	Veh (%)	Tiempo (s)
1	100	5

Benito Juarez		
Norte-Sur		
Ciclo	Veh (%)	Tiempo (s)
1	100	5

Benito Juarez		
Sur-Norte		
Ciclo	Veh (%)	Tiempo (s)
1	100	5

De este análisis se observa que el nivel de servicio en la intersección presenta una mejora significativa, debido principalmente a la eliminación de los semáforos para el movimiento de frente de la avenida Av. Las Torres lo que permite una mejor operación de los flujos en la intersección, tanto en el periodo de congestión como en el de sin congestión. Este nivel de servicio se determina con base en los segundos de demora que tendrán los vehículos al estar en funcionamiento el proyecto, de acuerdo con el cuadro de la página 58 del manual de capacidad vial de la SCT al tener una demora de 5 segundos o menos se considera que la vialidad brinda un nivel de servicio A.

Del análisis de las intersecciones, número 5, la salida de la calle Benito Juárez hacia Av. Las Torres presenta un TDPA de 5,263, teniendo una velocidad promedio en el viaducto de 54km/h en periodos de congestión y 59 km/h en periodos sin congestión Calle lateral Norte: 5,635 como TDPA en el año 2019 con un ahorro de tiempo de 2 min por vehículo equivalente a 2.38 km para una velocidad de 60 km/h.

Como se mencionó en el apartado de demanda, si bien el estudio de ingeniería de tránsito nos da un TDPA de 65,916 vehículos que circulan por la zona con el fin de no sobreestimar los resultados del proyecto se considera que solo el 10% de estos (6,766) utilizarán el viaducto para incorporarse a Av. Las Torres

En el cuadro siguiente se muestra la segmentación del TDPA considerada para el proyecto en situaciones con y sin congestión, y se incluyen los costos generalizados de viaje (costos de operación vehicular+ tiempos de recorrido) en que incurren los automovilistas al circular por las vialidades que se pretenden conectar con el proyecto del viaducto.

Tabla 39 Costos generalizados de viaje con proyecto con congestión

Situación con proyecto de inversión					
Viaducto conexión cuerpo A					
Año	Con congestión		Sin congestión		Total CGV (mdp)
	TDPA	CGV (mdp) C/C	TDPA	CGV (mdp) S/C	
0					
1	4,298	20	2,314	10	30
2	4,255	20	2,291	10	30
3	4,328	20	2,331	10	30
4	4,403	21	2,371	10	31
5	4,478	21	2,411	11	32
6	4,555	22	2,453	11	33
7	4,634	22	2,495	11	33
8	4,714	23	2,538	11	34
9	4,795	23	2,582	11	34
10	4,877	24	2,626	12	36
11	4,961	24	2,671	12	36
12	5,046	25	2,717	12	37
13	5,133	26	2,764	13	39
14	5,221	26	2,812	13	39
15	5,311	27	2,860	13	40
16	5,403	27	2,909	13	40
17	5,495	28	2,959	14	42
18	5,590	28	3,010	14	42
19	5,686	29	3,062	14	43
20	5,784	30	3,114	15	45
21	5,883	31	3,168	15	46
22	5,985	31	3,222	16	47
23	6,088	32	3,278	16	48
24	6,192	33	3,334	16	49
25	6,299	33	3,392	16	49
26	6,407	34	3,450	17	51
27	6,517	35	3,509	17	52
28	6,629	36	3,570	18	54

29	6,743	37	3,631	18	55
30	6,859	38	3,694	19	57

CGV= Costos generalizados de viaje

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA POR VEH. DETENIDO (SEG)
A	≤5.0
B	5.1 a 15.0
C	15.1 a 25.0
D	25.1 a 40.0
E	40.1 a 60.0
F	≥60.0

Fuente: Manual de capacidad vial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la Secretaria de Infraestructura, Primera Edición 1991

Si bien la demanda vehicular se incrementara a 6,859 vehículos para el año 30 de la evaluación, al ser un paso elevado sin intersecciones semaforizadas que puedan presentar demoras para los vehículos que transitan por este tramo y basados en las estimaciones de las demoras por vehículos que se mencionan en el manual de capacidad vial publicado por la SCT al no existir estas y tener una velocidad promedio de 40 km/h en los años finales de la evaluación se considera que el nivel de servicio se mantiene en “A” para el horizonte del proyecto.

Tabla 40 Nivel de servicio.

Condiciones de flujo de tránsito		
Nivel de Servicio	Descripcion	Velocidad Global (km/h)
A	Flujo Libre	>= 40
B	Flujo Estable	>= 30
C	Flujo Estable	>= 25
D	Aproximándose a Flujo Inestable	>= 15
E (Capacidad)	Flujo Inestable	Menor que 15
F	Flujo Inestable	Paradas Frecuentes

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras

Por su parte considerando, que la oferta con proyecto, los tiempos de recorrido, y por consiguiente las velocidades globales a lo largo del tramo superan los 40 km/h en el horizonte de evaluación, el Manual de proyectos geométricos de carreteras establece que las condiciones de flujo de tránsito, tienen un nivel de servicio **A** general, relacionado con el rango de niveles que se encuentran dentro de la zona, de acuerdo a la Tabla 45.

Costo Operativo Vehicular – Situación Con Proyecto de inversión.

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

de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. Para su estimación se consideran la geometría del camino y las características de los vehículos, aunque existen otras variables y consideraciones, principalmente el estado superficial (IRI).

Con base en la aplicación del modelo computacional VOC-MEX a cada uno de los vehículos representativos considerados en el presente análisis, se determinaron los siguientes costos operativos vehiculares unitarios o costos base por cada 1,000 vehículo-kilómetro:

Tabla 41 Costo Total de Operación – Situación Con Proyecto de inversión

COV (\$/km)				Situación Con Proyecto - Con Congestión (\$)			
Año	Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	TOTAL
0 2022							
1 2023	3.96	13.25	7.25	4,525,777	803,606	1,279,573	6,608,956
2 2024	3.97	13.28	7.27	4,490,291	797,635	1,270,094	6,558,021
3 2025	3.97	13.28	7.27	4,567,524	811,355	1,291,940	6,670,819
4 2026	3.97	13.28	7.27	4,646,086	825,310	1,314,161	6,785,557
5 2027	3.98	13.30	7.32	4,732,182	840,965	1,345,822	6,918,969
6 2028	3.98	13.30	7.32	4,813,575	855,430	1,368,970	7,037,975
7 2029	3.98	13.30	7.32	4,896,369	870,143	1,392,517	7,159,028
8 2030	3.99	13.36	7.35	4,996,451	889,104	1,422,456	7,308,011
9 2031	3.99	13.36	7.35	5,082,390	904,397	1,446,922	7,433,709
10 2032	3.99	13.36	7.35	5,169,807	919,952	1,471,809	7,561,569
11 2033	4.01	13.40	7.35	5,280,434	938,423	1,497,124	7,715,981
12 2034	4.01	13.40	7.43	5,371,257	954,564	1,538,677	7,864,498
13 2035	4.01	13.40	7.43	5,463,643	970,982	1,565,143	7,999,768
14 2036	4.02	13.40	7.43	5,571,444	987,683	1,592,063	8,151,190
15 2037	4.02	13.49	7.47	5,667,272	1,011,680	1,629,492	8,308,445
16 2038	4.02	13.49	7.47	5,764,750	1,029,081	1,657,520	8,451,350
17 2039	4.04	13.49	7.47	5,899,037	1,046,781	1,686,029	8,631,847
18 2040	4.04	13.55	7.47	6,000,500	1,069,255	1,715,029	8,784,784
19 2041	4.04	13.55	7.58	6,103,709	1,087,646	1,770,192	8,961,546
20 2042	4.07	13.55	7.58	6,255,591	1,106,353	1,800,639	9,162,583
21 2043	4.07	13.55	7.58	6,363,187	1,125,383	1,831,610	9,320,180
22 2044	4.07	13.69	7.65	6,472,634	1,156,192	1,879,004	9,507,830
23 2045	4.07	13.69	7.65	6,583,963	1,176,078	1,911,323	9,671,365
24 2046	4.09	13.69	7.65	6,726,915	1,196,307	1,944,198	9,867,419
25 2047	4.09	13.77	7.65	6,842,618	1,223,996	1,977,638	10,044,251
26 2048	4.09	13.77	7.80	6,960,311	1,245,048	2,051,337	10,256,696
27 2049	4.13	13.77	7.80	7,153,638	1,266,463	2,086,620	10,506,721
28 2050	4.13	13.77	7.80	7,276,680	1,288,246	2,122,510	10,687,437
29 2051	4.13	13.95	7.80	7,401,839	1,328,218	2,159,017	10,889,075
30 2052	4.13	13.95	7.88	7,529,151	1,351,064	2,220,672	11,100,886

		COV (\$/km)			Situación Con Proyecto - Sin Congestión (\$)			
Año		Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	TOTAL
0	2022							
1	2023	3.95	13.21	7.20	2,427,316	431,587	683,851	3,542,754
2	2024	3.95	13.22	7.20	2,406,495	427,487	677,821	3,511,803
3	2025	3.95	13.22	7.20	2,447,887	434,839	689,480	3,572,206
4	2026	3.95	13.22	7.20	2,489,990	442,319	701,339	3,633,648
5	2027	3.96	13.22	7.21	2,536,897	450,149	714,138	3,701,185
6	2028	3.96	13.22	7.21	2,580,532	457,892	726,422	3,764,845
7	2029	3.96	13.22	7.21	2,624,917	465,768	738,916	3,829,601
8	2030	3.96	13.25	7.23	2,672,521	474,538	753,971	3,901,031
9	2031	3.96	13.25	7.23	2,718,488	482,700	766,939	3,968,128
10	2032	3.96	13.25	7.23	2,765,246	491,003	780,131	4,036,380
11	2033	3.97	13.28	7.23	2,818,944	500,745	793,549	4,113,237
12	2034	3.97	13.28	7.27	2,867,429	509,357	811,062	4,187,849
13	2035	3.97	13.28	7.27	2,916,749	518,118	825,012	4,259,880
14	2036	3.98	13.28	7.27	2,975,220	527,030	839,203	4,341,452
15	2037	3.98	13.33	7.29	3,026,393	538,140	856,295	4,420,828
16	2038	3.98	13.33	7.29	3,078,447	547,396	871,023	4,496,867
17	2039	4.00	13.33	7.29	3,142,756	556,811	886,005	4,585,573
18	2040	4.00	13.36	7.29	3,196,812	567,768	901,244	4,665,824
19	2041	4.00	13.36	7.35	3,251,797	577,533	923,982	4,753,312
20	2042	4.02	13.36	7.35	3,323,231	587,467	939,874	4,850,572
21	2043	4.02	13.36	7.35	3,380,391	597,571	956,040	4,934,002
22	2044	4.02	13.44	7.43	3,438,533	611,553	982,575	5,032,662
23	2045	4.02	13.44	7.43	3,497,676	622,072	999,475	5,119,223
24	2046	4.03	13.44	7.43	3,567,844	632,771	1,016,666	5,217,282
25	2047	4.03	13.55	7.43	3,629,211	648,754	1,034,153	5,312,118
26	2048	4.03	13.55	7.47	3,691,633	659,913	1,058,466	5,410,012
27	2049	4.06	13.55	7.47	3,780,438	671,263	1,076,672	5,528,373
28	2050	4.06	13.55	7.47	3,845,462	682,809	1,095,190	5,623,461
29	2051	4.06	13.61	7.47	3,911,604	697,828	1,114,028	5,723,460
30	2052	4.06	13.61	7.58	3,978,883	709,831	1,149,860	5,838,574

Valor Tiempo Situación con Proyecto de inversión.

Estimación del valor nacional

Para el año 2021, con la actualización de los salarios mínimos vigentes desde el 1 de enero, la CONASAMI publicó el SMGP vigente durante dicho año, arrojando un valor de \$141.70 equivalente a un incremento de 15% con respecto al que publicó en enero de 2020.

Dado que el HTP y el FIP son calculados con base en la información del Censo de Población y Vivienda 2010, estos permanecen constantes hasta que un nuevo Censo sea realizado, por lo que para actualizar el valor del tiempo cada año bastará sustituir los salarios mínimos generales promedio a nivel nacional vigentes a partir de enero de 2021, en las ecuaciones 1 y 2.

A partir del salario mínimo general promedio nacional publicado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI) para 2019, se obtienen los valores siguientes:

Valores HTP y FIP derivados del Censo 2010.

$$\text{SHP}(2021) = (3.367 * 141.70 * 7) / 41.444 = 80.58$$

$$\text{VTpp}(2021) = (0.3*2)*(3.367*[141.70 / (41.444 / 7)]) = 48.35$$

De esta manera, con la actualización de los factores FIP y HTP realizada a partir del Censo de Población y Vivienda 2010, se obtuvieron las siguientes estimaciones del valor del tiempo para el año 2021: **\$80.58** para viajes por motivo de trabajo y **\$48.35** para los viajes por placer.¹⁰

Para la elaboración del beneficio tiempo en la situación optimizada se considera que el 91% de los transportistas lo hacen por motivo de trabajo, mientras que solo el 9% utiliza la vialidad por motivos de placer¹¹.

Tabla 42 Tiempo – Situación con proyecto de inversión

Año	Velocidad km/h			Situación Con Proyecto - Con Congestión (\$)			Total
	Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	
0 2022							
1 2023	60	53	49	2,956,240	2,045,198	5,863,707	10,865,145
2 2024	58	51	48	3,027,598	2,104,147	5,926,009	11,057,755
3 2025	58	51	48	3,079,672	2,140,339	6,027,937	11,247,948
4 2026	58	51	48	3,132,643	2,177,153	6,131,617	11,441,413
5 2027	57	50	46	3,242,428	2,258,892	6,508,258	12,009,578
6 2028	57	50	46	3,298,198	2,297,745	6,620,200	12,216,143
7 2029	57	50	46	3,354,927	2,337,266	6,734,068	12,426,261
8 2030	55	48	45	3,536,727	2,476,528	7,002,114	13,015,369
9 2031	55	48	45	3,597,559	2,519,124	7,122,550	13,239,233
10 2032	55	48	45	3,659,437	2,562,453	7,245,058	13,466,948
11 2033	53	47	45	3,862,847	2,661,985	7,369,673	13,894,505
12 2034	53	47	43	3,929,288	2,707,771	7,845,103	14,482,162
13 2035	53	47	43	3,996,871	2,754,345	7,980,038	14,731,255
14 2036	52	47	43	4,143,802	2,801,720	8,117,295	15,062,817
15 2037	52	45	42	4,215,076	2,976,572	8,453,506	15,645,154
16 2038	52	45	42	4,287,575	3,027,769	8,598,906	15,914,250
17 2039	50	45	42	4,535,774	3,079,847	8,746,807	16,362,428
18 2040	50	44	42	4,613,790	3,204,021	8,897,252	16,715,062
19 2041	50	44	40	4,693,147	3,259,130	9,502,799	17,455,076
20 2042	48	44	40	4,972,780	3,315,187	9,666,247	17,954,214
21 2043	48	44	40	5,058,312	3,372,208	9,832,507	18,263,027
22 2044	48	42	39	5,145,315	3,593,553	10,258,078	18,996,946
23 2045	48	42	39	5,233,814	3,655,362	10,434,517	19,323,694

¹⁰ Nota 176 Enero-febrero 2019 Instituto Mexicano del Transporte
¹¹ Encuesta Junta de Caminos del Estado de México 2007

Análisis Costo-Beneficio

24	2046	47	42	39	5,437,109	3,718,235	10,613,990	19,769,334
25	2047	47	41	39	5,530,627	3,874,437	10,796,551	20,201,615
26	2048	47	41	37	5,625,754	3,941,077	11,575,887	21,142,718
27	2049	45	41	37	5,976,851	4,008,864	11,774,992	21,760,707
28	2050	45	41	37	6,079,653	4,077,816	11,977,522	22,134,991
29	2051	45	39	37	6,184,223	4,360,670	12,183,535	22,728,429
30	2052	45	39	36	6,290,592	4,435,674	12,737,345	23,463,610

		Velocidad km/h			Situación Con Proyecto - Sin Congestión (\$)			
Año		Auto	Autobús	Camión	Auto	Autobús	Camión	Total
0	2022							
1	2023	65	58	55	1,469,374	1,006,324	2,812,939	5,288,637
2	2024	63	56	53	1,500,860	1,031,842	2,889,897	5,422,599
3	2025	63	56	53	1,526,675	1,049,589	2,939,603	5,515,868
4	2026	63	56	53	1,552,934	1,067,642	2,990,165	5,610,741
5	2027	61	55	52	1,631,436	1,105,751	3,100,088	5,837,275
6	2028	61	55	52	1,659,497	1,124,770	3,153,409	5,937,676
7	2029	61	55	52	1,688,040	1,144,116	3,207,648	6,039,804
8	2030	60	53	50	1,745,692	1,207,712	3,393,332	6,346,736
9	2031	60	53	50	1,775,718	1,228,484	3,451,697	6,455,900
10	2032	60	53	50	1,806,261	1,249,614	3,511,067	6,566,941
11	2033	58	51	50	1,900,684	1,320,955	3,571,457	6,793,096
12	2034	58	51	48	1,933,376	1,343,675	3,784,256	7,061,308
13	2035	58	51	48	1,966,630	1,366,787	3,849,345	7,182,762
14	2036	56	51	48	2,071,901	1,390,295	3,915,554	7,377,751
15	2037	56	49	47	2,107,538	1,471,931	4,067,644	7,647,113
16	2038	56	49	47	2,143,788	1,497,248	4,137,608	7,778,644
17	2039	54	49	47	2,261,426	1,523,001	4,208,775	7,993,202
18	2040	54	48	47	2,300,322	1,581,472	4,281,166	8,162,960
19	2041	54	48	45	2,339,888	1,608,673	4,548,348	8,496,909
20	2042	52	48	45	2,471,678	1,636,342	4,626,580	8,734,600
21	2043	52	48	45	2,514,191	1,664,487	4,706,157	8,884,835
22	2044	52	46	43	2,557,435	1,766,730	5,009,759	9,333,924
23	2045	52	46	43	2,601,423	1,797,118	5,095,927	9,494,467
24	2046	51	46	43	2,698,053	1,828,028	5,183,577	9,709,658
25	2047	51	44	43	2,744,459	1,943,992	5,272,734	9,961,185
26	2048	51	44	42	2,791,664	1,977,429	5,491,126	10,260,218
27	2049	49	44	42	2,955,586	2,011,440	5,585,573	10,552,599
28	2050	49	44	42	3,006,422	2,046,037	5,681,645	10,734,104
29	2051	49	43	42	3,058,132	2,129,630	5,779,369	10,967,131
30	2052	49	43	40	3,110,732	2,166,259	6,172,713	11,449,705

Evaluación del Proyecto de Inversión

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Etapa de ejecución.

La terminación de la construcción del viaducto de conexión cuerpo "A" tendrá un costo de \$382.89 millones de pesos (Mdp) con el Impuesto al Valor Agregado (IVA)

Monto sin IVA	\$330,081,114.96
IVA	\$52,812,978.39
Monto Total solicitado	\$382,894,093.35

Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (ii) conservación periódica, que incluye bacheo general y riego de sello cada 8 años; con una sobrecarpeta cada 11 años, es decir para los años 11 y 25; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 18 años.

Rutinario	31,000.00 \$/km/carril
Bacheo general y riego de sello	150,000.00 \$/km/carril
Sobre carpeta	825,000.00 \$/km/carril
Reconstrucción	2,250,000.00\$/km/carril

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras, SCT.

A continuación, se presentan los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto. De realizarse el proyecto el mantenimiento se realizará en una longitud de 0.88 km y si no se llegase a realizar el proyecto la longitud por atender se incrementaría a 1.40 km sin considerar el factor de acotamiento/puente, ya que no existiría tal si el proyecto no se ejecuta.

Tabla 43 Mantenimiento y Conservación (miles de pesos/2019).

Concepto	Normal	Rutinaria	Sobrecarpeta	Reconstrucción
Ruta Actual Projectada				
Av. Las torres 1.40 km	86,800	420,000	2,310,000	6,300,000
Ruta Actual Con Proyecto				
Viaducto de conexión 0.88 km	65,393	316,418	1,740,301	4,746,276

Fuente: Elaboración propia, basado en costos de la SCT

Costos por Molestias de construcción

Los costos por molestias son aquellos en lo que se incurren al realizar una obra de infraestructura a causa de los cierres temporales de algunas vialidades para elaborar la estructura del proyecto, con lo que se generan mayores tiempos de

traslado y se incrementa el desgaste de los vehículos al transitar por la zona de ejecución del proyecto, lo que se traduce en afectaciones económicas para los usuarios que circulan en la zona.

Los costos por molestias que se pudieran considerar por la generación de ruido, contaminación y congestión se han minimizado en el presente proyecto debido a los diferentes tipos de estructura que se utilizarán y a que la mayor parte de las obras se realizarán en terrenos paralelos a la vía y otras áreas que no están habitadas, por lo tanto, no hay quien perciban dichas molestias generadas por la construcción del proyecto. Sin embargo, para los casos se trabajos nocturnos e incorporación de infraestructura sobre pilotes, se ha identificado que durante las obras del proyecto existirá una disminución en la velocidad operación de los distintos tipos de vehículo del 30% y que la duración de dichas molestias será de 1 año.

Tabla 44 Costos por Molestias durante los trabajos de construcción

Año	Total, Costos por Molestias
0 2022	90,776,374

Fuente: Evaluación del proyecto anexa

Tabla 45 Costos por Molestias durante los trabajos de construcción

Año	Total, Situación Actual	Total, Molestias por construcción	Costos X Beneficios No Otorgados	Diferencia
0 2022	71,444,854	87,667,250	74,553,978	-90,776,374

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

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

Ahorro en costos totales de operación

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron, en términos monetarios, empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los

30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en las hojas de cálculo anexas.

El cálculo del CGV en las vialidades, tanto de la situación sin proyecto como con proyecto, se realizó con base en información levantada en el estudio de campo, tomando en cuenta la información de composición vehicular. De acuerdo a esto, se calcularon los beneficios por ahorro en CGV entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto incluyendo optimizaciones. La metodología se puede observar en la hoja de cálculo anexa al presente informe.

El “Costo de Operación Vehicular” (COV) mide en términos monetarios, el consumo que le representa al usuario circular por una vialidad determinada. La unidad con que se expresa es “\$/Km.”. Para su cálculo se incluye el consumo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 46 Parámetros para obtener los costos de operación vehicular.

PARÁMETRO	UNIDAD	Automóvil	Autobús	Camión
Utilización del vehículo				
1 no. Kilómetros conducidos por año	Km	25,000.00	240,000.00	180,000.00
2 no. Horas conducidas por año	Horas	2,808.00	2,860.00	2,860.00
3 índice de utilización horaria	Fracción	0.80	0.80	0.85
4 vida útil promedio de servicio	Años	8.00	8.00	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	1=Si 0=No	1.00	1.00	1.00
6 edad del vehículo en kilómetros	Km	75,000.00	750,000.00	600,000.00
7 número de pasajeros por vehículo	#	2.00	23.00	0.00
Costos unitarios				
1 precio del vehículo nuevo	\$	292,051.16	2,211,961.75	1,391,267.00
2 costo del combustible	\$/litro	15.21	16.15	16.15
3 costo de los lubricantes	\$/litro	34.48	33.62	33.62
4 costo por llanta nueva	\$/llanta	1,010	2,830.70	2,650.00
5 tiempo de los operarios	\$/hora	27.70	71.60	58.00
6 tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00
7 mano de obra de mantenimiento	\$/hora	27.15	62.15	43.00
8 retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00

9 tasa de interés anual real	%	3.31	3.31	3.31
10 costos indirectos por vehículo-km	\$	0.45	1.30	2.09

Fuente: Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2018, Publicación Técnica No. 526, del Instituto Mexicano del Transporte.

Tal como se puede apreciar en el cuadro, no se consideraron el valor del tiempo de los pasajeros ni de la carga, mientras que el sueldo del operador se tomó en cuenta para el caso del autobús y el camión. La lógica seguida para tal decisión es que el modelo de evaluación económica considera solamente el valor de la retención de carga para el análisis de beneficios por tiempos de recorrido. Por otro lado, en el cálculo de beneficios en autobús solamente se considera pasajeros, de tal manera que siguiendo el mismo criterio se incluyó el salario del operador en el COV.

El caso del automóvil es distinto ya que en los análisis de los estudios origen y destino, se cuentan los ocupantes es decir que el promedio de 2 considera tanto al que conduce el automóvil como a pasajeros, por lo tanto, no se incluye en el cálculo del COV, debido a ello el modelo lo incluye en la estimación de beneficios por tiempo de recorrido.

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto.

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

Tabla 47 Beneficios por ahorro en costos de operación al primer año de operación óptima.

Situación	Costos (\$)
Sin proyecto	22,658,091
Con proyecto	10,151,710
Beneficios	12,506,380

Fuente: Elaboración propia.

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

En la situación sin proyecto se considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento, eliminación de reductores de velocidad, buen estado físico del señalamiento horizontal y vertical, y una tasa de crecimiento del tránsito conservadora del 1% anual durante el periodo de análisis.

En la situación con proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en la descripción del proyecto. Incluye costos por molestias a los

usuarios ya que en tránsito urbano es muy difícil evitarlos. Para ello, la velocidad de operación actual se redujo en un 17% y 14% durante el periodo de construcción para cada uno de los movimientos considerados.

Ahorro en tiempo de viaje

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

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 189, Artículo 1, enero-febrero de 2021, del IMT. De acuerdo con estudios realizados por el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$ 80.58 y por motivo de placer de \$ 48.35 pesos por hora. Además se consultó la publicación técnica número 526 del Instituto Mexicano del Transporte “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2018” para determinar el número de pasajeros por vehículo y autobús así como el peso y el valor promedio de la carga de los camiones. Con base en información obtenida en la encuestas origen-destino realizada por la Junta de Caminos del Estado de México, se considera que en promedio un 91% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 9% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 48 Configuración del valor del tiempo

CONFIGURACION VALOR DEL TIEMPO			
<i>Valor tiempo usuarios tipo:</i>	IMT Nacional	Año	2021
Valor del tiempo viaje de trabajo	80.58	\$/hr	
Valor del tiempo viaje de placer	48.35	\$/hr	
Porcentaje de viajes de trabajo	60.00%	%	
Número de pasajeros auto	2.32	pas/veh	
Número de pasajeros autobus	20.49	pas/veh	
Valor tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton	
Toneladas promedio	2.50	ton/veh	

Fuente: Nota No. 189 enero-febrero 2021 IMT

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

Tabla 49 Beneficios por ahorro en tiempo de viaje al primer año de operación en óptimas condiciones (pesos/año)

Situación	Costos (\$)
Sin proyecto	47,165,303
Con proyecto	16,153,783
Beneficios	31,011,520

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.

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

Beneficios indirectos no monetizados en la evaluación socioeconómica:

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

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

El proyecto también contribuirá a reducir la contaminación auditiva. Esta problemática se define como la producción de ruidos no deseados que se lanzan al aire y ponen en riesgo la salud humana, ya que afecta de manera considerable la salud mental y fisiológica de las personas. Los efectos de esta problemática van desde la disminución o pérdida de la capacidad auditiva, hasta enfermedades fisiológicas y psicológicas que afectan el equilibrio, el sistema nervioso, el sueño y, por supuesto, con repercusiones en el rendimiento laboral. Los daños que el ruido excesivo del tráfico vehicular produce al organismo, se ha comprobado que la exposición prolongada a

sonidos de más de 90 decibeles provoca irritabilidad, daña las células auditivas, eleva la presión arterial, entre otros efectos. La concentración de contaminantes auditivos y atmosféricos durante periodos prolongados de exposición es un factor de riesgo para la salud humana.

Población Beneficiada Directamente

Para fines de la evaluación del presente estudio, se considerará principalmente el número vehículos asignados que forman parte de la población de usuarios que circulan de manera directa por el cuerpo A de la Carretera México Toluca y la Av. Las Torres, y se puede mencionar también los vehículos que tendrán movimientos en la intersección a nivel, ya que se reducen las “filas” o “colas” de espera en la intersección semaforizada.

Un alto componente de población beneficiada lo constituyen aquellos usuarios de transporte público, los cuales elevaran su velocidad de operación y como consecuencia incrementaran la calidad de servicios al aumentar la frecuencia de paso. En el largo plazo, un aumento de velocidad operativa de las unidades de transporte urbano contribuirá a una menor presión de crecimiento de flota, las unidades evitadas contribuirán a reducir la tarifa técnica pagada por los usuarios.

La población se encuentra caracterizados propietarios de vehículos que circulan en la zona, por niños, estudiantes, mujeres y hombres que habitan la zona y acuden a los diferentes colegios en el área de influencia, los cuales serán beneficiados de manera directa por el proyecto. Así como, la población de usuarios de vehículos que circulan diariamente por el tramo en estudio.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$90,782,802
Tasa interna de retorno (TIR)	12.15%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	10.35%

d) Análisis de sensibilidad

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

El proyecto registra un riesgo vinculado con una deficiente calidad, ya sea por incumplimiento del contratista o bien por insuficiencia de recursos financieros por parte del contratista, bajo este escenario, los beneficios proyectados en el

horizonte del proyecto no alcanzarían a generarse. Un riesgo mayor puede consistir en un incremento de los costos relativos con las edificaciones de las obras en general, ya que resulta difícil prever las condiciones, principalmente ante un cambio escenario en la tendencia de estabilidad económica. Sin embargo, la propia Dirección General de Vialidad del Estado de México ha llevado a cabo tanto un programa de mantenimiento como de construcción de infraestructuras de vialidades similares a la propuesta en el presente proyecto, por lo cual se supone que contratante cuenta con la experiencia suficiente y capacidad técnica para llevar a cabo proyectos de esta naturaleza.

e) Análisis de riesgo

El riesgo de un inadecuado programa de mantenimiento puede llegar a reducir los flujos de beneficios esperados además de incrementar los costos operativos, lo cual implicaría un aumento en la ineficiencia operativa, sin embargo, la posible realización de la obra mediante el uso de concreto hidráulico puede llegar a minimizar este tipo de riesgo, ya que los periodos de mantenimiento se reducen mediante el uso de esta solución. Adicionalmente, la evaluación socioeconómica contempla un monto anual para los programas de mantenimiento.

Tabla 50 Matriz de Riesgos para la construcción del proyecto

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
Regulatorio	Riesgo ocasionado por cambios en la normatividad técnica durante la ejecución del proyecto.	100%		M	B
Diseño	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños realizados por el contratista		100%	B	M
	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños entregados por la Dirección General de Vialidad.	100%		B	M
Construcción	Riesgo ocasionado por falta de calidad en las obras realizadas por el Contratista.		100%	B	M
	Riesgo ocasionado por ejecución de mayores cantidades de obra no autorizadas, por procedimientos constructivos inadecuados imputables al contratista, o por deficiente programación de ejecución de las obras.		100%	B	M
	Riesgo presentado en el contrato por precios por debajo del presupuesto oficial (es decir, cuando estos precios se encuentran por debajo del presupuesto oficial y/o de cada uno de los (insumos, costos, precios, tarifas, alquiler de equipos, salarios, transportes, de los APU) en la propuesta del CONTRATISTA. El presupuesto oficial se calcula de conformidad con los precios de mercado existentes en el sitio del proyecto al momento de publicación del Pliego Definitivo y/o Adendas (en caso de presentarse).		100%	M	M
	Riesgo presentado por escasez de cualquier tipo de material y/o insumos para la ejecución de la obra; o por salida del mercado de insumos o materias primas para la ejecución de las obras objeto del contrato. Al CONTRATISTA le corresponde teniendo en cuenta que debe prever en su		100%	B	M

Análisis Costo-Beneficio

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	propuesta planes de contingencia para mitigar estas eventualidades, teniendo también un Plan de Calidad acorde con el proyecto y de conformidad con la visita técnica que le corresponde realizar al sitio donde se pretenden ejecutar las obras. Riesgo que asume el CONTRATISTA.				
	Riesgo presentado por la fluctuación de precios en los materiales.		100%	M	B
	Riesgo de mayor permanencia y standby de maquinaria y disponibilidad de personal, por el no inicio de las obras y/o parálisis de la mismas por demoras ocasionadas por la no entrega oportuna, de las revisiones y/o actualizaciones, de cálculos y/o diseños y/o estudios definitivos, del proyecto, que lleve a cabo y/o ejecute el CONTRATISTA, de acuerdo con lo estipulado en el ANEXO TECNICO, en caso de que dichos cálculos y/o diseños y/o estudios estén a cargo del CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo presentado por la modificación y/o cambios de ubicación en las fuentes de materiales presentadas y/o propuestas por el CONTRATISTA. Hace referencia al riesgo técnico, ambiental y/o social, en cuanto a calidad y cantidad del material, explotación y su distancia de acarreo. Le corresponde al interesado o proponente verificar en la visita a la obra las fuentes de materiales a emplear, para la presentación de una propuesta acorde con las obras a ejecutar.		100%	B	B
Financiero	Riesgo generado por Las fluctuaciones de las tasas de interés, tasa de cambio, variaciones cambiarias y financieras por causas micro o macroeconómicas.		100%	B	B
	Riesgo por insolvencia del Contratista		100%	B	A
Aseguramiento	Riesgo correspondiente a la diferencia entre el valor del siniestro asegurado y el valor del amparo de las pólizas establecidas en el CONTRATO, en el evento en que las causas de los daños objeto del siniestro, sean imputables al CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo de mayores costos y disponibilidad de las pólizas de Garantía Única de Cumplimiento, Responsabilidad Civil Extracontractual y Estabilidad y Calidad de Obra		100%	B	M
Ambiental	Mayores plazos y costos por la gestión para la obtención de licencias y/o permisos.		100%	B	M
	Mayores costos por modificaciones ambientales imputables al contratista		100%	B	M
Fuerza Mayor Asegurable	Riesgo presentado por accidentalidad y/o muerte de personal del CONTRATISTA (Adjudicatario) desde la adjudicación y/o durante la ejecución del contrato, por causas externas al proyecto o por ausencia o falta o deficiencia del SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL de la obra.		100%	B	A
	Impacto adverso que generen los desastres naturales sobre la ejecución y/o operación del proyecto. Estos incluyen terremotos, inundaciones, incendios y sequías, entre otros. El contratista tiene la obligación de asegurar únicamente la longitud intervenida correspondiente a la reparación de puntos críticos.		100%	B	A

RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependenci a	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
Fuerza Mayor NO Asegurable	Se refieren de manera exclusiva al daño emergente derivado de los actos de terrorismo, guerras o eventos que alteren el orden público, hallazgos arqueológicos, de minas o yacimientos, entre otros.	100%		B	A
Político Social	Mayores costos y plazos por las actividades de gestión Social		100%	B	B
Terminación Anticipada	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada imputable al Contratista		100%	B	M
	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada no imputable al contratista	100%		M	B

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

RIESGOS	Medida de Mitigación
Regulatorio	Adaptación del Proyecto al marco regulatorio técnico a través de los canales institucionales.
Diseño	Detalle de especificaciones técnicas en el anexo de la licitación
Construcción	Adecuada Evaluación Técnica del Proyecto en fase de Licitación Cumplimiento al Programa de ejecución de obra
Financiero	Adecuada Evaluación Económica del proyecto en fase de Licitación, Planeación Presupuestal para la autorización de los recursos de las diferentes fuentes de financiamiento; y términos y condiciones contractuales.
Aseguramiento	Términos y Condiciones Contractual
Ambiental	Autorización Ambiental
Fuerza Mayor Asegurable	Seguro
Fuerza Mayor NO Asegurable	Fuerza Mayor
Político Social	Acciones de Atención Ciudadana
Terminación Anticipada	Fianza de Cumplimiento

Conclusiones y Recomendaciones

La construcción del viaducto de conexión cuerpo A de la carretera México-Toluca con vialidad Av. Las Torres en el municipio de Lerma **es factible** desde el punto de vista económico, ya que representan significativos ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación de los sistemas de transporte motorizado privado y público, así como también el autotransporte, lo que comparativamente con la inversión requerida, acredita la rentabilidad del proyecto.

El proyecto forma parte de un proyecto integral de incremento de eficiencia operativa como parte de las obras a realizar para la óptima incorporación de los usuarios hacia Av. Las Torres con el objetivo de mejorar sustancialmente el nivel de servicio vial ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona, potencializar el desarrollo económico de la zona y al disminuir el costo de los transportes a elevar el nivel de vida de la población, eleva los índices de seguridad y mejorar los niveles de movilidad motorizada.

Los beneficios del proyecto –definidos en reducción de costos generalizados de viaje- son mayores que los costos sociales –definidos por el costo de inversión, molestias durante el periodo de construcción y mantenimiento-, por lo cual la sociedad en su conjunto tendría un beneficio mayor mediante la implementación del proyecto. Adicionalmente, las problemáticas descritas en la situación actual

proyectada pueden encontrar una solución mediante la implantación de la infraestructura vial que considera el proyecto.

Con la realización del Viaducto de conexión cuerpo A la operación de la vialidad se verá beneficiada también en los siguientes aspectos:

- Disminución de costos generalizados de viaje.
- Reducción de tiempos en el cruce del entronque.
- Mejorar los niveles de servicio
- Baja contaminación ambiental, al recorrer el tramo con la velocidad de diseño.

El proyecto registra una serie de indicadores positivos como una Tasa Interna de Retorno Social equivalente al 10.20%, un Tasa de Retorno Inmediato de 8.67%, lo cual registra un indicador Superior a la tasa mínima aceptable para proyectos sociales del 10%. El Valor Presente Neto Social del proyecto asciende a 8 millones de pesos. La tasa de retorno inmediato indica que el proyecto es compatible con el momento óptimo para iniciar la inversión.

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

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

Finalmente, un riesgo mayor del proyecto consiste en una caída en la demanda esperada –TDDPA Vehicular-, ya que en dicho escenario de la rentabilidad social podrían afectarse negativamente; sin embargo, los estudios de demanda, la vinculación de las vialidades rutas con los patrones de origen-destino es una variable que brinda una mayor certidumbre sobre la factibilidad de la demanda. Principalmente, porque esta arteria permite desahogar el flujo de vial de otras vialidades como Paseo Tollocan y Avenida Benito Juárez.

Analizando los resultados con respecto a los indicadores económicos obtenidos para la evaluación socioeconómica base de la obra en proyecto, indican que el

proyecto es viable desde el punto de vista económico, ya que en base a los beneficios cuantificables se presentó:

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

La diferencia Beneficio menos Costo; o Valor Presente Neto es una unidad positiva **(VPN > 0)**, que equivale a las ganancias que se obtendrán con el proyecto.

La Tasa Interna de Retorno es superior al costo de oportunidad de capital, **(TIR>10%)**, esta tasa muestra el rendimiento de la inversión.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (final del primer año de operación de la situación “con Proyecto”) muestra un valor igual o superior a la tasa de actualización o de descuento **(TRI >= 10%)**

Además

La obra brindará beneficios a toda la comunidad del municipio de Lerma, así como a la zona metropolitana del Valle de Toluca.

Los puentes superiores, garantizan un traslado ágil y oportuno, así como un eficaz transporte de mercancías en la zona.

Al concretarse la construcción del proyecto se resuelve el problema de largos tiempos de traslado que se presentan actualmente en la zona.

El momento socialmente óptimo para la inversión es de inmediato, a fin reducir los COV.

Anexos

Anexo 1 Hoja de cálculo que soporta las estimaciones contenidas en la evolución socioeconómica, misma que incluye los cálculos realizados, fórmulas y demás información utilizada.

Bibliografía

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

Notas núm. 189 enero-febrero 2021, Artículo 1. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2021.

Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2018 Instituto Mexicano del Transporte Publicación técnica No. 526

Manual de capacidad vial (1985) Instituto Mexicano del Transporte Publicación técnica no. 17 Querétaro, Querétaro 1991.

Responsables de la Información

Ramo: Programa de Acciones Para el Desarrollo

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		22/11/2021

Versión	Fecha
5	22/11/21

*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.