

Análisis Costo-Beneficio¹

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

I. Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

El Programa Nacional de Infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes, contempla mejorar la comunicación entre regiones y la conectividad de la red carretera, así como reducir el índice de accidentes, mediante la mejora del estado físico de la infraestructura carretera. Tal es el caso de la construcción del Distribuidor Vial López Portillo a desarrollarse en la intersección del Boulevard Aeropuerto, también conocido como Av. Miguel Alemán, y la Av. José López Portillo, parte de la carretera Méx-134, Toluca - Naucalpan; en las localidades de Guadalupe Victoria y San Diego de los Padres en el municipio de Toluca, Estado de México.

El proyecto contempla la mejorar la comunicación intraurbana e interurbana en la zona noreste de la Ciudad 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 y el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México.

¹Para facilitar la elaboración y presentación del análisis costo-beneficio y 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

Problemática Identificada

Actualmente la intersección en el cruce Boulevard Aeropuerto y la Av. José López Portillo opera totalmente a nivel, mediante el esquema de vueltas a la derecha inteligentes que permiten que estos movimientos direccionales fluyan sin interferir con los movimientos de frente o giros izquierda los cuales son controlados mediante semáforos.

Sin embargo, los volúmenes de tránsito actualmente sobrepasan la capacidad de una intersección con tales características, registrándose un tránsito diario promedio anual de más de 80,000 vehículos. Dadas las características geométricas, semáforos, volumen de tránsito y características operacionales, la intersección tiene un nivel de servicio F, lo cual quiere decir que hay flujo forzado. La demora para los usuarios es de 800 segundos, se presentan filas vehiculares en todas las ramas de la intersección y el sistema de semáforos no es suficiente para desalojar el flujo vehicular. Los costos sociales que representan los problemas de la intersección Boulevard Aeropuerto - Av. José López Portillo son cuantificados por costos de tiempo de traslado y costos de operación vehicular, adicionalmente a los costos de incomodidad e inseguridad de los usuarios.

Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en la construcción de un Distribuidor vial sobre nivel en la intersección de las vialidades Boulevard Aeropuerto con la Av. José López Portillo (Carretera Méx-134, Toluca - Naucalpan).

En términos generales la construcción del Distribuidor Vial contempla la continuidad en los doce movimientos direccionales actuales a flujo libre e ininterrumpido. Para ello se requiere construir en la Av. José López Portillo, 4 estructuras, una de ellas en un primer nivel con dos gazas de terraplenes mecánicamente estabilizados y tres de ellas hasta un segundo nivel. Los dos cuerpos principales del Boulevard Aeropuerto, en sentidos Aeropuerto de Toluca y colonia Tepexcacitlán, se mantienen a nivel de terreno natural o nivel cero.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación Se establece un horizonte de evaluación de 31 años, considerando 3 años de construcción y 28 años de operación

Descripción de los principales costos del PPI

Costos de inversión del Distribuidor vial (No incluye IVA): **\$450.00millones** de pesos del 2013.

Se planea que los recursos provendrán de Recursos Fiscales.

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 sellado cada 4 años con una sobrecarpeta cada 8 años; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años.

De acuerdo a lo establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT):

Rutinario 30,000.00 \$/km/carril (anual)

Bacheo general y riego de sellado 145,000.00 \$/km/carril

Sobrecarpeta 800,000.00 \$/km/carril

Reconstrucción 2,200,000.00 \$/km/carril

A continuación se presentan los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas, para el horizonte total de evaluación.

Tabla 1. Mantenimiento y Conservación (miles de pesos/2013).

Situación	Rutinario	Periódica	Reconstrucción
		Bacheo general, riego de sellado y sobrecarpeta	
Sin Proyecto	11,160	26,160	26,400
Con Proyecto	14520	34880	35200

Fuente: Elaboración propia, basado en costos de la SCT

Descripción de los principales beneficios del PPI

Como se puede apreciar los costos de mantenimiento son mayores con proyecto, esto debido a que aumenta la infraestructura a la cual hay que atender. Sin embargo, como se verá más adelante, los costos de mantenimiento son muy bajos comparados con los ahorros en tiempo y en operación vehicular.

Los beneficios del proyecto se estimaron en función del ahorro en tiempo de viaje de los usuarios en términos monetarios y de los ahorros en costos de operación vehicular, mismos que se calculan con la diferencia entre las situaciones sin y con proyecto.

Para el primer año de haber concluido la construcción del proyecto:

Tabla 2 y 3. Primer año de operación (Miles de Pesos):

Costos	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Por tiempo de viaje	107,610	78,583	29027

Costos	Sin proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Por costos de operación	209,276	182,884	156,492

Fuente: Elaboración propia con base en la evaluación social.

Monto total de inversión (con IVA)

La construcción del Distribuidor Vial en la Av. José López Portillo y Boulevard Aeropuerto tendrá un costo de \$522 millones de pesos (Mdp) incluyendo el Impuesto al Valor Agregado.

Riesgos asociados al PPI

El principal riesgo que presenta este proyecto es el de 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

Análisis Costo-Beneficio
Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

obras adicionales al momento de la construcción, retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución, así como problemas económicos que pudieran incidir fuertemente en la demanda de transporte.

Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)	137,540,738.37 pesos del 2013
Tasa Interna de Retorno (TIR)	15.2%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	11.3%

Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

La evaluación del proyecto Distribuidor Vial López Portillo, en las localidades de Guadalupe Victoria y San Diego de los Padres al noreste de la ciudad en el municipio de Toluca, Estado de México, indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable.

Este proyecto resulta factible desde el punto de vista socioeconómico, ya que presenta ahorros significativos en tiempos de recorrido y costos de operación en comparación con la inversión requerida. Esta obra mejorará los niveles de servicio ofrecidos a los usuarios locales y de largo itinerario, al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona.

Así mismo, con la construcción del Distribuidor Vial se estimulará el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación de

mejores características, que eleve la seguridad y permita hacer más eficiente el transporte de mercancías y personas.

Los elementos fundamentales que provocan la rentabilidad del proyecto son los beneficios derivados de los ahorros en el tiempo de viaje de los usuarios y los ahorros en los costos de operación vehicular que generaría la situación con proyecto en relación con la inversión total del proyecto.

Finalmente, es importante señalar que la situación con proyecto también generaría externalidades positivas, tales como la reducción de accidentes viales, como resultado de la mejora en la operación de los flujos vehiculares proporcionándoles a los usuarios mayor seguridad al conducir por el Distribuidor Vial.

En síntesis, la construcción del Distribuidor Vial López Portillo tendrá un impacto positivo, concretamente en los siguientes aspectos:

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

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

El sistema vial del municipio de Toluca se caracteriza por presentar un modelo radial en sus ejes regionales, los cuales convergen en la zona centro de la ciudad. Estas vialidades permiten integrar al municipio con los municipios de Metepec, Zinacantepec, Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac y Naucalpan en la ciudad de México. Así mismo, la ciudad de Toluca cuenta con un centro histórico con características originales, con variaciones en las secciones de sus calles y un conjunto de ellas y avenidas que no presentan continuidad; destaca un circuito interior que delimita la zona central de la ciudad de Toluca formado por Paseo Tolocan y Paseo Matlatzincas los cuales se interconectan en la parte noreste de centro de la ciudad de Toluca a través de la Av. Filiberto Gómez y la Av. Alfredo del Mazo. A sus vez esta zona tiene salida de un importante flujo de vehículos al noreste de la ciudad mediante la Av. José López Portillo (Carretera Méx-134, Toluca - Naucalpan), la cual comunica al centro de la ciudad con el Aeropuerto Internacional de Toluca y posteriormente con Naucalpan, zona norte de la Ciudad de México.

En la zona nororiente de la ciudad de Toluca se concentra la mayor parte de la superficie del área industrial del municipio, la cual colinda con la zona industrial del municipio de Lerma y San Mateo Atenco. Esta zona se estructura a partir de tres vialidades regionales: Paseo Tolocan (MEX-015 México – Toluca), Av. Alfredo del Mazo (la EM(D)-MEX-055 Toluca – Palmillas) y la Av. José López Portillo (MÉX. 134 Naucalpan – Toluca), las cuales conforman una estructura vial primaria de forma radial, articulando a la ciudad de Toluca con las delegaciones de San Pedro Totoltepec, San Mateo Ozacatipan, San Pablo Autopan, San Andrés Cuexcontitlán, Santa María Totoltepec, San Cristóbal Huichochitlán, San Lorenzo Tepaltitlán y Santa Ana Tlapaltitlán.

Cabe señalar que el cruce de la Av. José López Portillo y el Boulevard Aeropuerto es de paso libre de peaje de los flujos tanto de vehículos particulares como los de transporte público y de carga que tienen sus orígenes y destinos hacia las ciudades de Naucalpan, México, Querétaro o Morelia a través de la Carreteras Naucalpan – Toluca, México – Toluca y, Toluca – Palmillas respectivamente. Por lo tanto, la intersección se ha convertido en un punto de la ciudad de Toluca de ascenso y descenso de pasaje urbano y sub-urbano, lo que ha generado que existan paraderos irregulares de autobuses, urbanos y taxis sobre estas dos arterias.

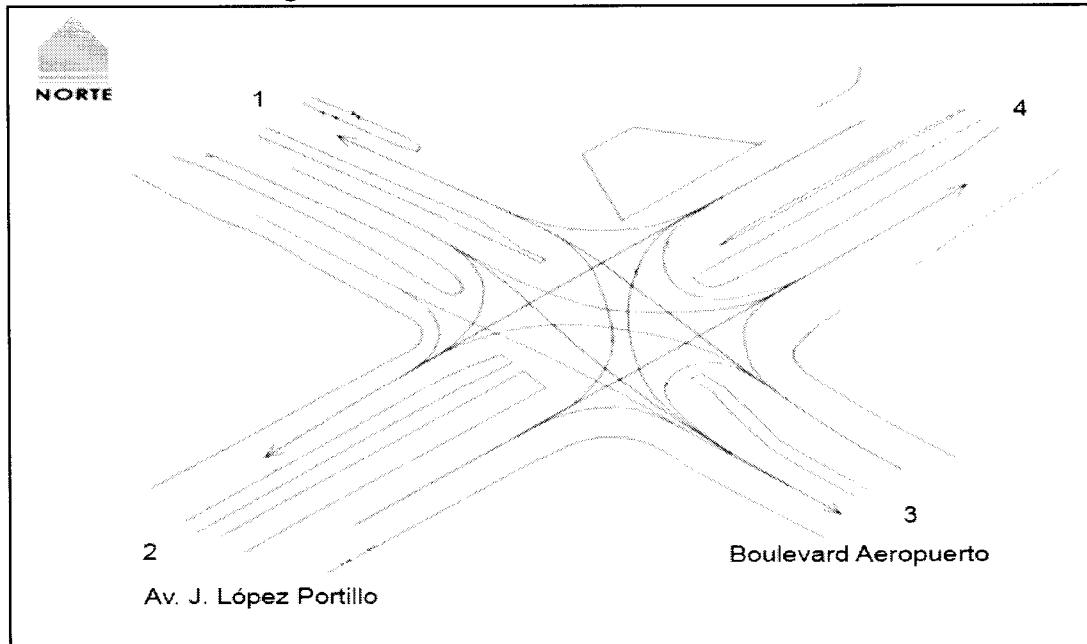
Actualmente la intersección José López Portillo y el Boulevard Aeropuerto presenta 12 movimientos direccionales, su funcionamiento es totalmente a nivel mediante el esquema de vueltas derechas inteligentes que permite que estos movimientos direccionales fluyan si interferir con los movimientos de frente o giros izquierda los cuales son controlados mediante

semáforos.

Sin embargo los volúmenes de tránsito actualmente sobrepasan la capacidad de una intersección con tales características, registrándose en horas de alta congestión, retrasos de poco más de 800 segundos, con movimientos que tardan hasta 5 ciclos de semáforo para cruzar dichas avenidas, lo que ha incrementado los tiempos de traslado y por ende los costos de operación vehicular, así como incomodidad e inseguridad por parte de los usuarios. Por lo tanto, la construcción del Distribuidor Vial López Portillo de Toluca, permitirá eliminar los semáforos existentes en el cruce de estas dos avenidas, garantizado el flujo vehicular constante e ininterrumpido lo que permitirá reducir los tiempos de traslado y los costos de operación vehicular.

En la siguiente figura, pese a que la orientación norte-sur-este-oeste pudiera no corresponder del todo, la numeración del 1 al 4, de manera ascendente, va de acuerdo a lo que a partir de ahora llamaremos: Boulevard Aeropuerto oeste, López Portillo sur, Boulevard Aeropuerto este y López Portillo norte, para una más fácil comprensión. Queda entendido, sin embargo, que las vialidades son Av. José López Portillo y Boulevard Aeropuerto, también conocido como Av. Miguel Alemán.

Figura 1. Movimientos direccionales actuales



Fuente: Elaboración propia a partir de estudio de ingeniería y tránsito, abril 2013.

Análisis Costo-Beneficio
Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Tabla 4. Relación entre los movimientos direcciones actuales.

Situación actual		Dispositivo de control
Movimiento direccional		
1	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	Nada
2	De Boulevard Aeropuerto oeste a este	Semáforo
3	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	Semáforo
4	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	Nada
5	De López Portillo sur a norte	Semáforo
6	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	Semáforo
7	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	Semáforo
8	De Boulevard Aeropuerto este a Boulevard Aeropuerto oeste	Semáforo
9	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	Nada
10	De López Portillo norte a sur	Semáforo
11	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	Semáforo
12	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	Nada

Fuente: Elaboración propia con base en estudio de ingeniería y tránsito, abril 2013.

Para el conteo de los movimientos direccionales no se tomaron en cuenta las vueltas en "U" que existen en la Av. López Portillo norte y Boulevard Aeropuerto este, sin embargo el TDPA sí fue tomado en cuenta.

A continuación se muestran fotografías que describen la situación actual de la intersección en estudio.

Fotografía 1. Cruce desde Boulevard Aeropuerto este



Fuente: Levantamiento fotográfico, abril 2013

Fotografía 2. Cruce desde López Portillo sur



Fuente: Elaboración propia a partir de levantamiento fotográfico, abril 2013

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Fotografía 3. Cruce desde Boulevard Aeropuerto Oeste



Fuente: Elaboración propia a partir de levantamiento fotográfico, abril 2013

Fotografía 4. Ciclovía, vista desde López Portillo norte



Fuente: Elaboración propia a partir de levantamiento fotográfico, abril 2013

b) Análisis de la Oferta Existente

En la actualidad el entronque es de tipo "cruz" a nivel, que significa que está formado por 4 ramales. Cada ramal presenta dos sentidos de circulación (un acceso y una salida) lo que provoca que se realicen varios movimientos direccionales. En el aforo se registraron 12 movimientos sin incluir vueltas en "U", en la Av. López Portillo norte y Boulevard Aeropuerto este; y 14 movimientos direccionales incluyendo vueltas en "U". El crucero está controlado por un algunos semáforos, los cuales controlan 8 de los 12 movimientos.

Esta intersección está controlada por un sistema de semáforos de cuatro fases con un ciclo de 120 a 140 segundos; los tiempos verdes más prolongados están dirigidos a los accesos de la Av. José López Portillo norte y sur. La importancia del proyecto es que será una nueva alternativa para dosificar el tránsito creciente de la ciudad, que como se verá más adelante se presentan agudos problemas viales.

El Boulevard Aeropuerto en su rama poniente presenta 32.0 metros de ancho con dos carriles hacia el poniente y dos carriles principales hacia el oriente, se cuenta en este mismo sentido con dos carriles laterales, existe un camellón que separa los sentidos y camellón que separa los carriles laterales y principales esto para el sentido al oriente. Sobre la rama oriente se cuenta con un ancho de 26.0 metros con tres carriles por sentido y camellón central de 6.0 metros de ancho.

La Av. López Portillo cuenta con un ancho de 37.0 metros, con tres carriles por sentido y camellón central de 14.0 metros de ancho, cabe mencionar que sobre este camellón se alberga un carril exclusivo de bicicletas.

La red de análisis en la zona de estudio se encuentra conformada por:

Vías primarias:

- Boulevard Aeropuerto: Es una vialidad que presenta flujos vehiculares elevados: de carga, particulares y transporte público; se dirigen, hacia el oeste para la Central de Abastos de la ciudad, zona industrial y a las colonias: Conjuntos los Sauces, San Nicolás Tolentino, San José Guadalupe Otzacatipan y Huichochitlan, Santa Cruz Otzacatipan; mientras que para el este hacia el Aeropuerto de Toluca, zona industrial, campos de futbol JhonsonControls y las colonias San Miguel Toltepec y De Canaleja.
- Avenida José López Portillo: Esta vialidad conecta a la ciudad de Toluca con los

municipios de Otzolotepec, Xonacatlán, Naucalpan y la zona conurbada de la ciudad de México. Presenta flujos vehiculares elevados destacando el transporte de carga y particulares. Presenta 5 semáforos en su trayecto y se ubican topes a cada 100 metros aproximadamente, ubicados en el tramo comprendido entre la vialidad de acceso a San Cristóbal Huichochitlán y el cruce con el Boulevard Aeropuerto, los cuales entorpecen el tránsito.

Vías Secundarias:

- Av. Filiberto Gómez
- Ricardo Flores Magón
- Revolución
- Juan José Martínez de los Reyes
- Paseo Otzcatipan
- San Mateo

Vías regionales:

- Carretera Toluca - Naucalpan: este eje es importante para la comunicación de los espacios populares del poniente de la Región del Valle de Toluca (RVT), especialmente en el municipio de Naucalpan. Su vinculación con la autopista La Venta - Lechería ha detonado una importante actividad inmobiliaria de mediano y alto ingreso y debido a los altos costos de peaje de la autopista México-Toluca, en esta carretera se ha incrementado el tráfico de autobuses y de carga. En la zona urbana de Toluca se denomina Av. José López Portillo y/o Filiberto Gómez, inicia su trazo en la Av. Isidro Fabela donde tiene una sección transversal de 40 metros.
- Carretera Toluca - Atlacomulco: es la carretera considerada como la continuación del Arco Norte, que une a la Región con la carretera México-Querétaro, llevando viajes hacia la zona centro norte del país. El tramo carretero cercano a la zona urbana de Toluca se denomina Toluca – Ixtlahuaca de Rayón y conecta con la Av. de Alfredo del Mazo y la Av. José López Portillo. Esta carretera cuenta con una sección transversal de 35.00 metros.

A continuación se presentan las características de la situación actual de la intersección de la Av. Av. José López Portillo – Boulevard Aeropuerto, en ambos sentidos.

Tabla 5. Datos de la oferta de las avenidas en estudio.

Concepto	1. Boulevard Aeropuerto	2. Av. José López Portillo
Longitud analizada(km)	1.0	1.0
Tipo de carretera	Urbana	Urbana
Número de carriles	6	6
Ancho de sección (m)	21	21
Tipo de terreno	Plano	Plano
Velocidad de operación promedio (km/hr)	46	40
Estado físico (IIR m/km)	5	5

Fuente: Elaboración propia, en base al trabajo de campo.

c) Análisis de la Demanda Actual

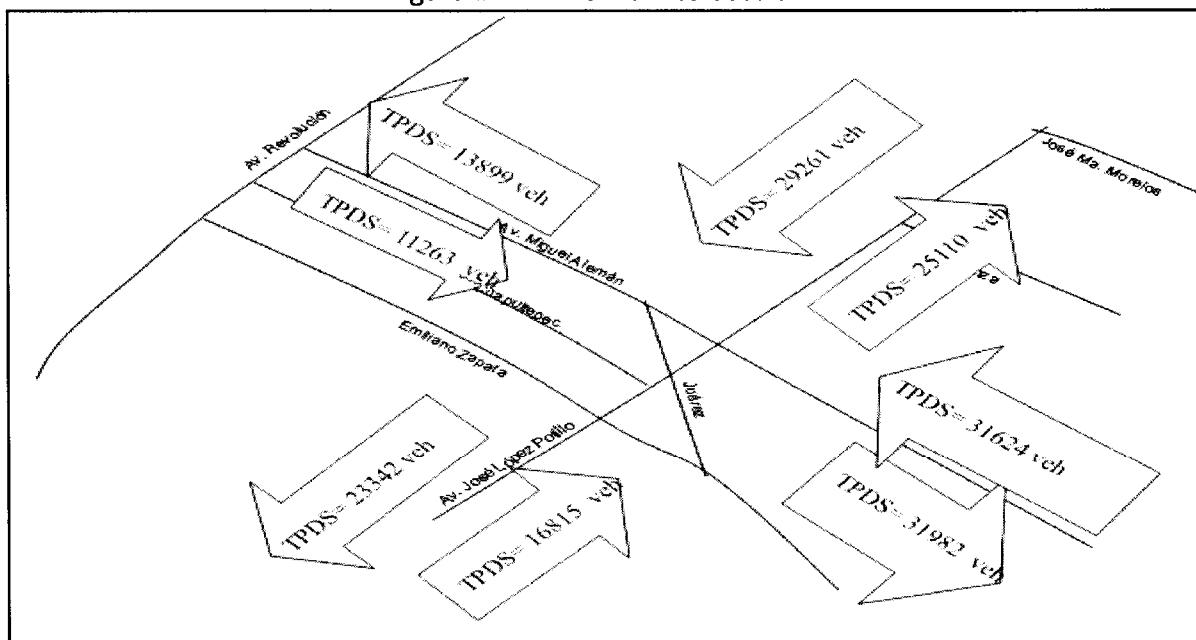
Por medio de los aforos de tránsito vehicular, se conoce el número de vehículos que pasan por un punto dado, información que posteriormente se analiza y se procesa para determinar los volúmenes de tránsito y su composición vehicular, con lo cual se logra conocer el nivel de servicio a que operan los caminos, y con ellos determinar los rangos de volúmenes a que operan la red vial. Sobre esta intersección se colocaron 2 aforos tipo contadores automáticos, uno en el Boulevard Aeropuerto y otro en la Av. José López Portillo, lo anterior por periodo de una semana completa. El resumen de resultados es:

Tabla 6. TDPA por Rama

Avenida	Rama	TDPA	Composición vehicular		
			A %	B %	C %
J. López Portillo	Sur sentido Sur- norte	16,815	82	8	10
J. López Portillo	Norte sentido Norte -Sur	29,261	9	5	5
Blvd. Aeropuerto	Poniente Sentido Poniente- oriente	11,263	8	16	4
Blvd. Aeropuerto	Oriente Sentido oriente- poniente	31,624	92	2	6

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio vial, abril 2013

Figura 2. TDPA en la intersección



Fuente: Elaboración propia a partir de estudio vial, abril 2013

Se realizaron también aforos direccionales. Para este estudio se consideraron todos los posibles movimientos vehiculares en la intersección (de frente vuelta derecha, izquierda o

retornos). En este caso se utilizó el aforo manual de día representativo de la semana en tres períodos de aforo de 4 horas: de 6 a 10 de la mañana, de 12 a 4 de la tarde y de 6 a 10 de la noche. Este método consiste en ir realizando conteo y clasificación de cada vehículo que realiza cada trayectoria en la intersección.

Tabla 7. Máxima demanda por hora y clasificación vehicular

Período	Hora de Máxima Demanda	Vehículos totales en hr de Máx Demanda	Clasificación Vehicular en Porcentaje		
			A	B	C
Por la mañana	7:45 - 8:45	7,371	92.8	3.4	3.8
Al medio día	12:30 - 13:00	5,159	88.1	4.6	7.3
Por la tarde	17:45 - 16:45	5,774	90.4	3.2	6.4

Fuente: Elaboración propia con base en estudio vial, abril 2013

De los resultados del estudio vial se determinó la distribución por congestión y sin congestión para cada uno de los sentidos que conforman la intersección vial en la Av. José López Portillo y Boulevard Aeropuerto, el cual se muestra en la siguiente.

Tabla 8. Distribución horaria por congestión y sin congestión

Tramo	Congestión alta		Sin congestión	
	Horario	Horas	Horario	Horas
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	6:00 a 1:00	19	1:00 a 6:00	5
De Boulevard Aeropuerto este a oeste	6:00 a 1:00	19	1:00 a 6:00	5
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	7:00 a 23:00	16	23:00 a 7:00	8
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	6:00 a 24:00	18	24:00 a 6:00	6
De Boulevard Aeropuerto oeste a este	7:00 a 23:00	16	23:00 a 7:00	8
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	7:00 a 23:00	16	23:00 a 7:00	8
De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	6:00 a 24:00	18	24:00 a 6:00	6
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	7:00 a 23:00	16	23:00 a 7:00	8
De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	6:00 a 24:00	18	24:00 a 6:00	6
De López Portillo norte a sur	7:00 a 23:00	16	23:00 a 7:00	8
De López Portillo sur a norte	6:00 a 24:00	18	24:00 a 6:00	6
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	7:00 a 23:00	16	23:00 a 7:00	8

Fuente: Elaboración propia con base en estudio vial, abril 2013

Los aforos manuales y direccionales con clasificación vehicular como parte de los estudios de tránsito se realizaron en los siguientes puntos que abarca la zona de influencia del Distribuidor Vial.

1. Av. José López Portillo con Boulevard Aeropuerto
2. Boulevard Aeropuerto con Av. José López Portillo
3. Retorno de Av. José López Portillo en Benito Juárez (al sur de B. Aeropuerto)
4. Retorno de Av. José López Portillo frente a *Bodega Aurrera* (al norte de B. Aeropuerto)
5. Retorno de Boulevard Aeropuerto frente al *GoMart* (al oeste de la Av. L. Portillo)
6. Retorno de Boulevard Aeropuerto en Independencia (al este de Av. L. Portillo)

d) Interacción de la Oferta-Demanda

Después de haber obtenido la información en campo se procede a determinar el nivel de servicio, en el que se encuentra funcionando las avenidas o calles que se encuentran dentro de la zona en estudio.

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, la información necesaria para poder efectuar un análisis de capacidad son:

- Volúmenes de tránsito.
- Características operacionales.
- Características geométricas.
- 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.

Tabla 9. Interacción oferta-demanda.

Año	Boulevard Aeropuerto		Av. José López Portillo	
	TDPA	NS	TDPA	NS
0	42887	F	46076	F
1	44388	F	47689	F
2	45942	F	49358	F
3	47550	F	51085	F
4	49214	F	52873	F
5	50936	F	54724	F
6	52719	F	56639	F
7	54564	F	58622	F
8	56474	F	60673	F
9	58451	F	62797	F
10	60496	F	64995	F
11	62614	F	67270	F
12	64805	F	69624	F
13	67073	F	72061	F
14	69421	F	74583	F
15	71851	F	77193	F
16	74365	F	79895	F
17	76968	F	82691	F
18	79662	F	85586	F
19	82450	F	88581	F
20	85336	F	91682	F
21	88323	F	94890	F
22	91414	F	98212	F
23	94614	F	101649	F
24	97925	F	105207	F
25	101352	F	108889	F
26	104900	F	112700	F
27	108571	F	116644	F
28	112371	F	120727	F
29	116304	F	124952	F
30	120375	F	129326	F

Fuente: Elaboración propia.

NS=Nivel de Servicio

Se calculó en la intersección en estudio la capacidad y el nivel de servicio, en los puntos que generan mayor movimiento. Para llevar a efecto lo anterior, se utilizaron los movimientos direccionales, características geométricas y de operación en las intersecciones, así como la demora promedio de los vehículos para cruzar la intersección. Por lo tanto, de acuerdo con la TCMA seleccionada, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda. De lo anterior, se obtuvo la siguiente relación oferta-demanda para los tramos que conforman la intersección: Boulevard Aeropuerto y Av. J. López Portillo. De este análisis se observa que el nivel de servicio en las avenidas y movimientos en la intersección ya se encuentran en su nivel más crítico en el periodo de congestión.

III. Situación sin el PPI

Supuestos técnicos y socio-económicos.

- Horizonte de evaluación de 31 años, considerando 3 años de construcción y 28 años de operación.
- Tasa anual media de crecimiento del tránsito de 3.5%.
- Tasa social de descuento del 12% utilizada por la Unidad de Inversiones de la SHCP.
- Se consideran precios constantes de 2013 a lo largo del horizonte de evaluación, debido a que se está realizando un análisis en términos reales.

a) Optimizaciones

En caso de que el proyecto no se realice, se propone realizar las siguientes acciones para la situación actual optimizada en la zona en estudio:

1. Aplicación de un programa más estricto de mantenimiento y conservación de las vialidades que forman parte de la intersección, con el fin de mejorar sus características físicas actuales.
2. Prohibir estacionar vehículos sobre las vías implicadas en la zona urbana.
3. Regular paraderos del transporte público que se sitúan en la zona.
4. Restringir el aparcamiento permanente de vehículos en carril derecho del Boulevard Aeropuerto y Av. José López Portillo, el cual, actualmente funciona como terminal de taxis, urbanos y camiones de pasaje.
5. Mejorar los ciclos semafóricos, para optimizar los tiempos de recorrido.
6. Mejorar del señalamiento horizontal y vertical.

No obstante, las mejoras en las condiciones operativas en la intersección serían poco significativas, debido a que este funcionamiento se encuentra actualmente rebasado, dificultándose el tránsito vehicular debido a la intensa carga vehicular, las bajas velocidades, elevados tiempos de recorrido, problemas viales y contaminación ambiental. Por lo anterior, se estima que las medidas de optimización tendrían un impacto positivo en las velocidades de operación de aproximadamente entre un 15% y un 8% por arriba de las velocidades actuales y una mejora de la superficie de rodamiento para alcanzar Índice Internacional de Rugosidad de

4 m/km, lo cual se traduce en una reducción en los costos de operación actuales, así como la seguridad vial en dicha intersección, aunque de manera marginal debido a la gran cantidad de movimientos direccionales que se realizan en la intersección, en particular los de vueltas a la izquierda.

b) Análisis de la Oferta

Para efectos del cálculo de los costos de operación y basándose en las acciones para la situación actual optimizada de la intersección, los movimientos contarán en promedio con un Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y una velocidad de operación como se muestra en la tabla siguiente

Tabla 10. Situación actual optimizada.

	Tramos	Velocidad de circulación (km/hr)	IIR (m/km)
1	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	40	4
2	De Boulevard Aeropuerto este a oeste	70	4
3	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	50	4
4	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	40	4
5	De Boulevard Aeropuerto oeste a este	70	4
6	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	40	4
7	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	70	4
8	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	50	4
9	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	50	4
10	De López Portillo norte a sur	70	4
11	De López Portillo sur a norte	70	4
12	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	40	4

Fuente: Elaboración propia

Las velocidades de operación en la situación actual optimizada no se consideran adecuadas para el correcto funcionamiento de la intersección, debido a que el usuario busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en su viaje, lo cual no se logra con la situación actual optimizada.

Tanto el ancho como el número de carriles, los sentidos que utilizan semáforos y la composición y tránsito vehicular, se mantienen como en la oferta existente del proyecto.

c) Análisis de la demanda

Debido a que es necesario conocer las tendencias del tránsito en la zona es necesario determinar la tasa de crecimiento media anual del tránsito con datos estadísticos de la SCT para la Carretera Méx-134, Naucalpan – Toluca. La tasa de crecimiento media anual (TCMA) de la intersección se calculó en 6.7%. Para la estimación de la Tasa de Crecimiento del tránsito, el estudio consideró los datos viales del año 2004 al año 2013 de las carreteras Méx. 134 "Naucalpan - Toluca" en el Km. 53.18.

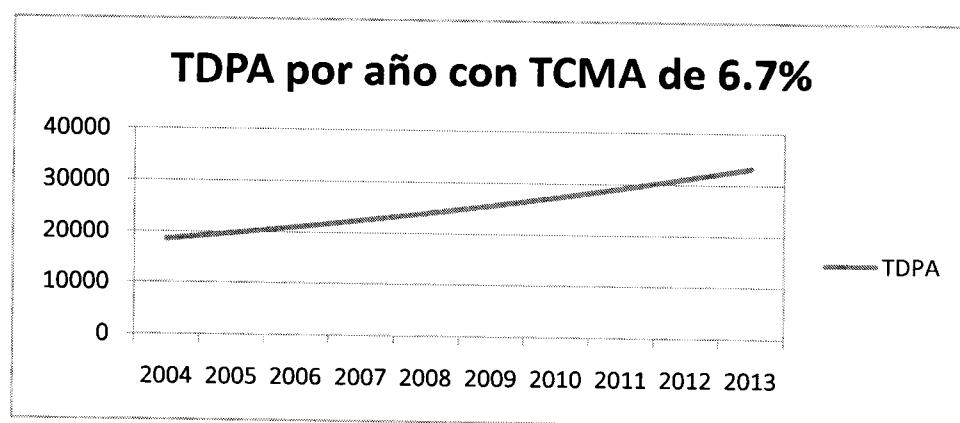


Tabla 11. TDPA por movimiento vehicular.

	TRAMOS	TPDA	A%	B%	C%
1	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	425	374	43	9
2	De Boulevard Aeropuerto este a oeste	11,358	10449	114	795
3	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	984	866	98	20
4	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	5,066	4205	405	456
5	De Boulevard Aeropuerto oeste a este	9,855	8672	986	197
6	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	3,211	2665	257	289
7	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	11,946	10990	119	836
8	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	15,835	14093	792	950
9	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	8321	7655	83	582
10	De López Portillo norte a sur	12,545	11165	627	753
11	De López Portillo sur a norte	8,538	7087	683	768
12	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	881	784	44	53

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de campo.

Nota: los movimientos de giro a la derecha se agruparon en un solo movimiento, debido a que actualmente su funcionamiento es a flujo continuo.

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Pese a los resultados según datos viales de la SCT, para el presente estudio se tomará una tasa de crecimiento conservadora, y según recomendaciones de la SCT, del 3.50% con la que fueron calculados los valores del TDPA a futuro, partiendo del año 2013 hasta llegar al año 2043 con el objeto de estimar la demanda en los próximos 30 años.

Tabla 12. Composición vehicular en porcentaje por sentido

Tramo	Composición vehicular en %			
	A	B	C	Total
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	88	10	2	100
De Boulevard Aeropuerto este a oeste	92	1	7	100
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	88	10	2	100
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	83	8	9	100
De Boulevard Aeropuerto oeste a este	88	10	2	100
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	83	8	9	100
De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	92	1	7	100
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	89	5	6	100
De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	92	1	7	100
De López Portillo norte a sur	89	5	6	100
De López Portillo sur a norte	83	8	9	100
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	89	5	6	100

Fuente: Elaboración propia, en base al trabajo de campo.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

De acuerdo con la TCMA del 3.5%, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación en la situación actual optimizada y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

Debido a la saturación que existe actualmente en la intersección, no se espera una mejora en el nivel de servicio en la situación actual optimizada. Como se mencionó anteriormente, se estima que las medidas de optimización tendrían un impacto positivo en las velocidades de operación de aproximadamente entre un 15% y un 8% por arriba de las velocidades actuales y una mejora de la superficie de rodamiento para alcanzar un índice Internacional de Rugosidad de 3.5 m/km, lo cual reducirá oportunamente los tiempos de recorrido y los costos de operación, pero no mejorará el nivel de servicio, el cual se encuentra en niveles muy críticos. Como no hubo cambios significativos, para observar la tabla relación de oferta - demanda, favor de remitirse al apartado *d) Interacción de la Oferta-Demanda de la Situación Actual*.

e) Alternativas de solución

Al realizar el análisis del comportamiento de la operación de la red, se encontraron las siguientes alternativas. A continuación se describe cada una de ellas:

Alternativa 1

Para esta propuesta se consideró la construcción del paso deprimido en el Boulevard Aeropuerto al cruce con la Av. José López Portillo. Con un costo aproximado de 280 millones de pesos sin incluir el IVA. El proyecto considera el paso deprimido de los 2 cuerpos principales del Boulevard Aeropuerto con una longitud de 0.80 km, dos cuerpos de 3 carriles cada uno con un ancho calzada de 10.50 m por cuerpo y una velocidad de proyecto de 60 km/hr.

Beneficios

- Menor inversión
- El flujo del Boulevard Aeropuerto es continuo e ininterrumpido.
- Reducción de los ciclos de semáforo, con preferencia en el flujo de la Av. José López Portillo.

Desventajas

- Cierre del Boulevard Aeropuerto en el tramo de la construcción del paso deprimido, debido a la excavación del mismo en el periodo de construcción de la obra.
- El paso de la Av. José López Portillo en ambos sentidos así como el resto de los movimientos direccionales se mantendrán y seguirán controlados mediante semáforos.
- Soluciona el conflicto vial de manera parcial.

Alternativa 2

Para esta propuesta se consideró la construcción de un Distribuidor Vial en el Boulevard Aeropuerto - Av. José López Portillo, más grande que el de la propuesta del presente proyecto, con un costo de inversión de 700 millones de pesos a precios del 2013; con características:

Superestructura. Se construirá con tráves NEBRASKA NU 240 presforzadas postensadas con un ancho total 9.5 m. para dos carriles de circulación, espesor de carpeta de 5 cm y carga viva IMT 66.5 ton. Infraestructura: Formada de pilas huecas de concreto reforzado de 3.0 x 3.0 m y de 5.0 x 3.0 m. Se construirán también pasos peatonales a nivel del terreno a través de los terraplenes, a base de arcos de concreto reforzado. Rampa de acceso y de salida a base

de terraplén mecánicamente estabilizado y estructura del pavimento formada por 10 cm. de carpeta asfáltica, 10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.

Beneficios

- Se soluciona el conflicto vial mediante el flujo continuo e ininterrumpido de los 12 movimientos direccionales que existen actualmente en la intersección, más los 2 retornos nuevos en la Av. José López Portillo, uno al norte del proyecto y otro al sur.
- Reducción significativa de los tiempos de recorrido y ahorro en los costos de operación vehicular en los 12 movimientos direccionales.
- Se minimizan los costos de molestias

Desventajas

- Debido al alto costo de inversión la obra se deberá ejecutar en 4 etapas, equivalentes a ejercicios fiscales por 4 años.

Conclusión

De poder llevar acabo la primera alternativa esta solo permitiría el flujo vehicular libre en el Boulevard Aeropuerto en ambos sentidos y los 4 giros inteligentes a la derecha con que actualmente cuenta la intersección, el resto de los movimientos serían controlados mediante semáforos, privilegiando el flujo vehicular de la Av. José López Portillo. Mientras que la segunda alternativa permite el flujo continuo de los 12 movimientos actuales más 2 retornos nuevos, uno en la Av. José López Portillo norte y el otro en la en la Av. José López Portillo sur. Los puntos en contra son que la primer alternativa no soluciona completamente el problema de congestión y la segunda alternativa al tener mayor infraestructura los costos de inversión son mayores y el tiempo de construcción es mayor, también.

IV. Situación con el PPI

a) Descripción general

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

El proyecto consiste en la construcción de un Distribuidor Vial en la intersección de las vialidades Boulevard Aeropuerto con la Av. José López Portillo. En términos generales la construcción del Distribuidor Vial contempla la continuidad en los doce movimientos direccionales actuales a flujo libre e ininterrumpido.

La solución vial que se plantea tiene como propósito, evitar el cruce de los movimientos más conflictivos que actualmente se están generando en el sitio; esto se desea resolver mediante puentes o pasos a desnivel que puedan evitar este cruce. Se requiere para ello de 4 estructuras a desnivel, una de ellas a un primer nivel y tres de ellas hasta un segundo nivel, además de dos gazas a construir con terraplenes mecánicamente estabilizados. A continuación se describen los componentes y los datos técnicos más importantes del proyecto.

Estructura de la Av. José López Portillo (norte)

Se desarrolla sobre la Av. José López Portillo, se proyecta puente vehicular y 2 gasas en el primer nivel para evitar el cruce con el Boulevard Aeropuerto.

GasasBoulevard Aeropuerto

Las gasas permiten el movimiento del Boulevard Aeropuerto hacia Av.José López Portillo (sur), de la Av. José López Portillo hacia el Boulevard Aeropuerto en dirección este y como retorno de y hacia la Boulevard Aeropuerto (este).

Estructura de la Av. José López Portillo (sur)

Se desarrolla sobre la Av. José López Portillo, se proyecta puente vehicular y 2 gasas en el

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

segundo nivel para evitar el cruce con el Boulevard Aeropuerto.

Estructura Boulevard Aeropuerto (este)

La gasa permite la incorporación libre en dirección de la Boulevard Aeropuerto (este) a la Av. José López Portillo.

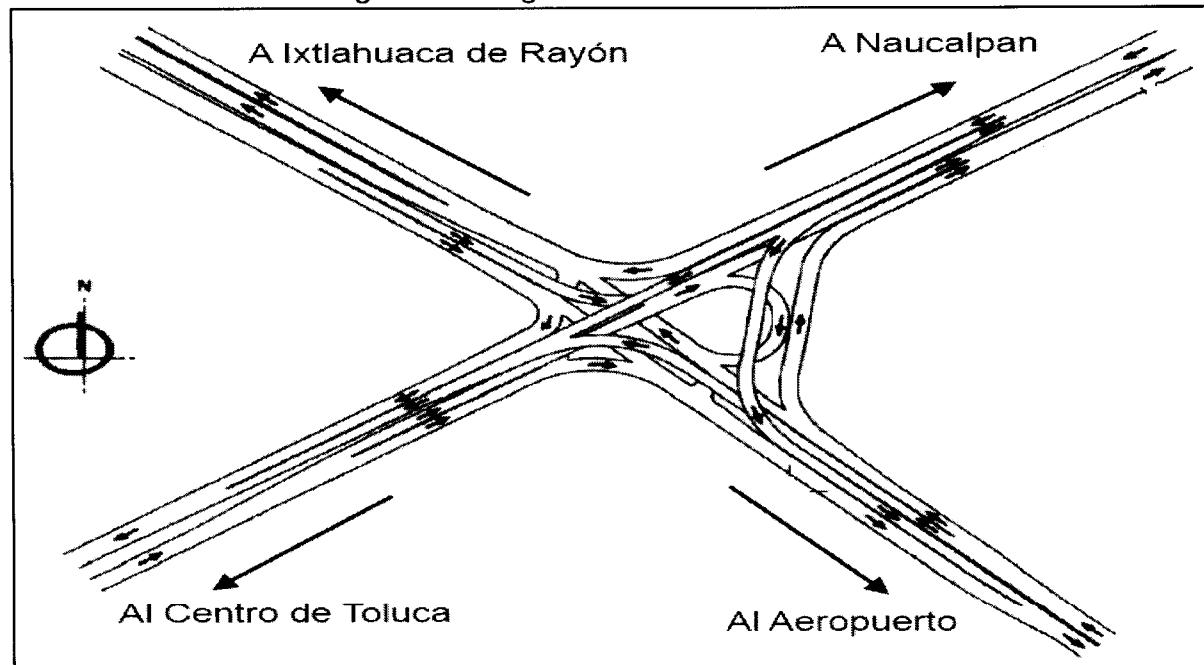
Estructura II de la Av. José López Portillo (sur)

La gasa permite la incorporación libre en dirección de la Av. José López Portillo (sur) al Boulevard Aeropuerto (este).

Estructura II de la Av. José López Portillo (norte)

Esta gasa forma parte de la reconfiguración vial a nivel de terreno natural del Distribuidor Vial para permitir la continuidad de los movimientos existentes, permitiendo la incorporación de la Av. José López Portillo (norte) al Boulevard Aeropuerto en dirección al Aeropuerto Internacional de Toluca (este).

Figura 3. Vista general del Distribuidor Vial.



Fuente: Elaboración Propia con base en estudio vial, abril 2013

La figura muestra claramente como se pretende dar una solución a los diferentes movimientos, todas las vueltas izquierdas serán a desnivel, mientras que las vueltas en "U" se efectuarán con retornos cercanos a la intersección y las vueltas derechas serán a nivel de vueltas continuas.

Tabla 13. Componentes del proyecto.

No	Concepto	Costo*
1	Construcción de la estructura del José López Portillo norte, incluye: terracerías, estructuras, obras de drenaje y pavimentos	\$80.19
2	Construcción de la estructura para las Gasas Boulevard Aeropuerto, incluye: terracerías, estructuras, obras de drenaje y pavimentos	\$37.08
3	Construcción de la estructura José López Portillo sur, incluye: terracerías, estructuras, obras de drenaje y pavimentos	\$4.33
4	Construcción de la estructura Boulevard Aeropuerto este, incluye: terracerías, estructuras, obras de drenaje y pavimentos	\$6.25
5	Construcción de la estructura José López Portillo II sur, incluye: terracerías, estructuras, obras de drenaje y pavimentos	\$91.29
6	Construcción de la estructura José López Portillo II norte, incluye: terracerías, estructuras, obras de drenaje y pavimentos	\$166.86
7	Construcción del drenaje pluvial	\$1.39
8	Alumbrado publico	\$8.47
9	Señalamiento horizontal y vertical	\$0.65
10	Obras inducidas diversas (vegetación, eléctricas, telecomunicaciones, señalamiento, demolición y desmantelamiento)	\$2.26
11	Obra inducida, desviación de colectores de drenaje existente con tubería de PAD de 75 cm de diámetro.	\$0.43
12	Obra inducida, construcción de muros Milán para la protección de tubería de drenaje de Ø=203 cms	\$5.11
13	Obra inducida, desviación de líneas de agua potable existente con tubería de PAD.	\$0.66
14	Obra inducida, trabajos para la reubicación de instalaciones de gas natural, tubería de acero de 16" y tuberías de polietileno de alta densidad de 250 mm.	\$16.32
15	Obra inducida, trabajos para la reubicación de instalaciones de Pemex, poliducto de 16"	\$28.71
	Total	\$450.00

Fuente: Elaboración propia.

*Los costos están expresados en millones de pesos a precios del 2013 (No incluye IVA).

Análisis Costo-Beneficio
Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Tabla 14. Descripción de los componentes del proyecto.

Componente	Tipo	Cantidad	Principales Características
Estructura de la Av. José López Portillo (norte) Puente Vehicular	Puente	1	<p>Se desarrolla sobre la Av. José López, se proyecta puente vehicular y 2 gasas en el primer nivel para evitar el cruce con el Boulevard Aeropuerto.</p> <p>Superestructura formada por 10 claros de longitud variable, con losa de concreto reforzado de 20.0 cm. de espesor, sobre 5 trabes tipo NEBRASKA NU 240 presforzadas postensadas con un ancho total 9.5 m. para dos carriles de circulación, espesor de carpeta de 5.0 cm. y carga viva IMT 66.5ton.</p> <p>Infraestructura formada por 9 pilas huecas de concreto reforzado de 3.0 x 3.0 m., 11 zapatas de cimentación con 6, 9 o 12 pilotes de $\varnothing = 1.5$ m. según proyecto.</p> <p>Rampa de acceso del y rampa de salida de terraplén mecánicamente estabilizado y estructura del pavimento formada por 10 cm. de carpeta asfáltica, 10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.</p>
Gasas Boulevard Aeropuerto	Gasas	2	<p>Las gasas permiten el movimiento del Boulevard Aeropuerto (oeste) hacia la Av. José López Portillo (sur), de la Av. José López Portillo (norte) hacia el Boulevard Aeropuerto o en dirección sur y como retorno de y hacia el Boulevard Aeropuerto(oeste).</p> <p>Gasas 1 mecánicamente estabilizado del, con paso peatonal e forma de arco y estructura del pavimento formada por 5 cm. de carpeta asfáltica, 10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.</p>

Componente	Tipo	Cantidad	Principales Características
			Gasa 2mecánicamente estabilizado, con paso peatonal e forma de arco y estructura del pavimento formada por 6 cm. de carpeta asfáltica,10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.
Av. José López Portillo (sur). Puente Vehicular	Puente	1	<p>El eje se desarrolla sobre la Av. José López Portillo (de sur a norte), se proyecta puente vehicular y 2 gasas en el segundo nivel para evitar el cruce con el Boulevard Aeropuerto.</p> <p>Superestructura formada por 18 claros de longitud variable, con losa de concreto reforzado de 20 cm. de espesor, sobre 5 tráves tipo NEBRASKA NU 240 presforzadaspostensadas con un ancho total 9.5 m. para dos carriles de circulación, espesor de carpeta de 5 cm y carga viva IMT 66.5 ton.</p> <p>Infraestructura formada por 17 pilas huecas de concreto reforzado de 3.0 x 5.0 m., 19 zapatas de cimentación con 6,12, o 20 pilotes de $\varnothing=1.5$ m. según proyecto.</p> <p>Rampa de acceso y rampa de salida de terraplén mecánicamente estabilizado y estructura del pavimento formada por 10 cm. de carpeta asfáltica,10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.</p>
Gasas Av. José López Portillo (sur)	Gasas	2	Estructura en la Av. José López Portillo, la gasa permite la incorporación libre en dirección del Boulevard Aeropuerto (este) a la Av. José López Portillo (norte).

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Componente	Tipo	Cantidad	Principales Características
			<p>Superestructura formada por 9 claros de longitud variable, con losa de concreto reforzado de 20 cm. de espesor, sobre 5 tráves tipo NEBRASKA NU 240 presforzadas postensadas con un ancho total 9.0 m. para dos carriles de circulación, espesor de carpeta de 5 cm y carga viva IMT 66.5 ton.</p> <p>Infraestructura formada por 9 pilas huecas de concreto reforzado de 3.0 x 5.0 m., 10 zapatas de cimentación con 6, 9, 12, 16 o 20 pilotes de $\varnothing=1.5$ m. según proyecto.</p> <p>Rampa de acceso de terraplén mecánicamente estabilizado y estructura del pavimento formada por 7 cm. de carpeta asfáltica, 10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.</p>
Estructura II de la Av. José López Portillo (sur)	Gasa	1	<p>Estructura que permitirá la incorporación libre en dirección de la Av. José López Portillo (sur) al Boulevard Aeropuerto (este).</p> <p>Superestructura formada por 7 claros de longitud variable, con losa de concreto reforzado de 20 cm. de espesor, sobre 5 tráves tipo NEBRASKA NU 240 presforzadas postensadas con un ancho total 9.5 mts para dos carriles de circulación, espesor de carpeta de 5 cm y carga viva IMT 66.5 ton.</p> <p>Infraestructura formada por 7 pilas huecas de concreto reforzado de 3.0 x 3.0 m., 8 zapatas de cimentación con 6, 16 o 20 pilotes de $\varnothing=1.5$ m. de según proyecto.</p> <p>Rampa de acceso de terraplén mecánicamente estabilizado y estructura del pavimento formada por 5 cm. de carpeta</p>

Componente	Tipo	Cantidad	Principales Características
Estructura II de la Av. José López Portillo (norte)	Gasa	1	<p>asfáltica, 10 cm. de base asfáltica, 20 cm. de base hidráulica y 30 cm. de subrasante.</p> <p>Esta gasa forma parte de la reconfiguración vial a nivel de terreno natural del Distribuidor Vial para permitir la continuidad de los movimientos existentes, en su caso la gasa 65 permite la incorporación de la Av. José López Portillo norte a sur.</p> <p>Gasa de 0.28 km. de longitud, ancho de calzada de 7.0 m para 2 carriles, banqueta derecha de 2.0 m de ancho y estructura formada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> 6 cm. de carpeta asfáltica. 10 cm. de base asfáltica 20 cm. de base hidráulica 30 cm. de subrasante,

b) Alineación estratégica

El Programa Nacional de Infraestructura 2013-2018 del Sector Comunicaciones y Transportes, contempla mejorar la comunicación entre regiones y la conectividad de la red carretera, así como reducir el índice de accidentes, mediante la mejora del estado físico de la infraestructura carretera. Tal es el caso de la construcción del Distribuidor Vial López Portillo. Dicho proyecto está ampliamente relacionado con los objetivos Nacionales marcados en el eje 2: Economía competitiva y generadora de empleos, la cual dice: "La infraestructura constituye un insumo fundamental para la actividad económica de un país. Esta es un determinante esencial del acceso a los mercados, del costo de los insumos y de los bienes finales."

Así mismo, el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 20012 – 2018, en la Vertiente de Desarrollo Económico, en Infraestructura para Integrar el Estado y Apoyar al Aparato Productivo, plantea: "Que tiene como objetivo fortalecer la infraestructura estratégica de la entidad y define entre sus estrategias: el fortalecimiento de la infraestructura de las comunicaciones y de transporte; el desarrollo de infraestructura de insumos básicos; la

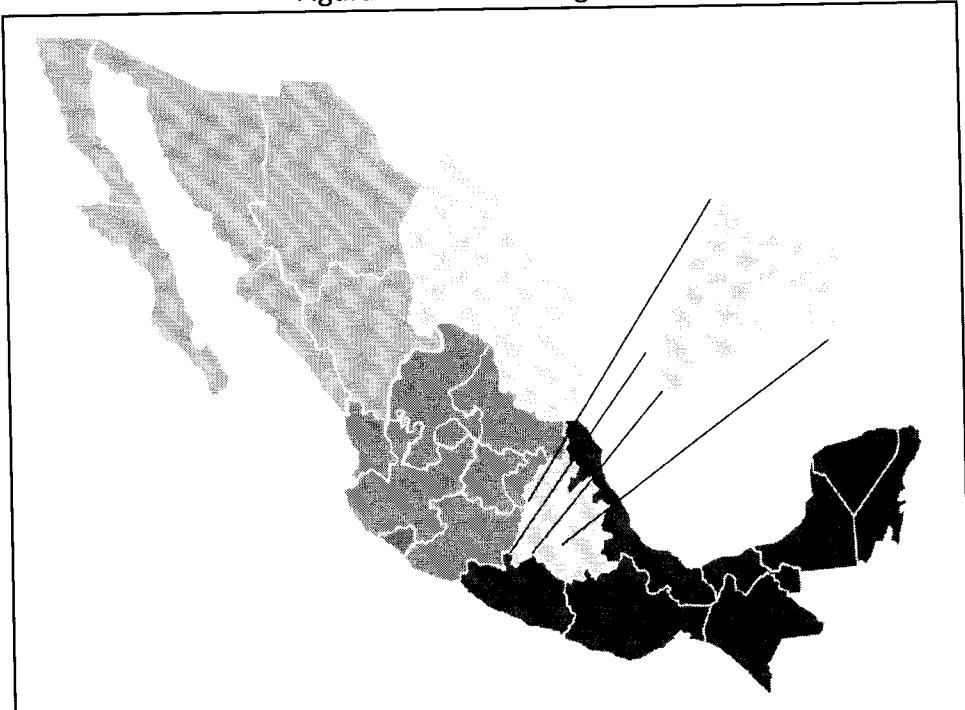
Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

construcción de infraestructura productiva; y, coordinar acciones entre las instancias involucradas."

c) Localización geográfica

El proyecto se ubica en el municipio de Toluca, del estado de México, que a su vez pertenece a la mesoregión Centro – País.

Figura 4. Ubicación regional.



Fuente: Elaboración Propia, en base a mapa de las mesoregiones de México.

De forma precisa, el proyecto se ubica en la zona metropolitana del Valle de Toluca en los límites de los municipios de Lerma y Toluca en el Estado de México, en el cruce que forma las avenidas José López Portillo con el Boulevard Miguel Alemán o también conocido como Boulevard Aeropuerto y la Carretera Federal No. 134 Toluca -México (Xonacatlán). Como una referencia importante se localiza en las inmediaciones del Aeropuerto Internacional de Toluca en la parte norte. Esto da una idea de la importancia del proyecto vial, ya que además formará parte de la modernización del sistema vial que accede a las instalaciones del Aeropuerto.

Toluca

Toluca de Lerdo es la capital del Estado de México y también de el Municipio de Toluca.

Cuenta con una población de 819 561 habitantes. Y forma parte de la quinta zona metropolitana más habitada de el país.

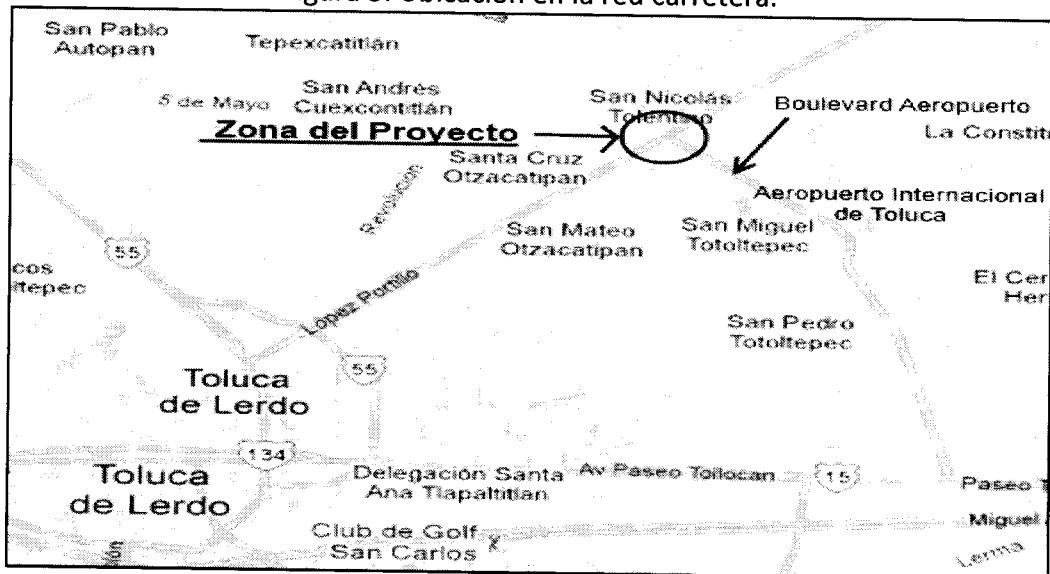
Toluca conforma parte de la zona metropolitana del Valle de Toluca, con una población estimada en 2010 de 1,846,602 habitantes, lo que la hace la quinta más importante de México solo después de las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Puebla. Por otro lado la número 34 de América del Norte.

Está comunicado a escasos 66 km de distancia hacia el oriente con el Valle de México, conformado por el Distrito Federal y su zona metropolitana o conurbada, que es el principal complejo poblacional del país.

A pesar de que no existen datos exactos de su fundación, algunos autores indican el 19 de marzo de 1522, como posible fecha en la que misioneros evangelizadores crearon este asentamiento, con el título de villa. 1799 fue el año en el que adquirió el rango de ciudad y en 1830 se convirtió en la capital del estado de México.

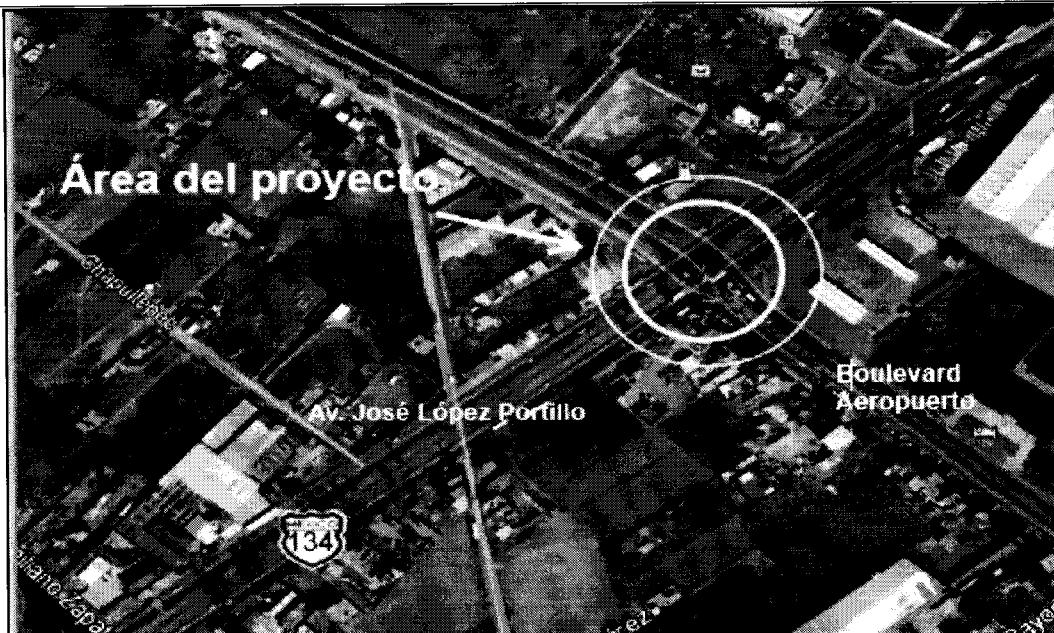
Este municipio es un importante centro industrial, ya que geográficamente se encuentra situado en el corazón de la actividad económica del país.

Figura 5. Ubicación en la red carretera.



Fuente: Elaboración propia con base Google Maps

Figura 6. Ubicación local del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

d) Calendario de actividades

Tabla 15. Calendario de actividades.

Actividad	2013	2014	2015
Construcción de la estructura de la Av. José López Portillo (norte)			
Construcción de la estructura de gasas Boulevard Aeropuerto (oeste)			
Construcción de la estructura Av. José López Portillo (sur)			
Construcción de la estructura Boulevard Aeropuerto (este)			
Construcción de la estructura II de la Av. José López Portillo (sur)			
Construcción de la estructura II de la Av. José López Portillo (norte)			
Construcción del drenaje pluvial			
Alumbrado publico			

Actividad	2013	2014	2015
Señalamiento horizontal y vertical			
Obras inducidas diversas (vegetación, eléctricas, telecomunicaciones, señalamiento, demolición y			
Obra inducida, desviación de colectores de drenaje existente con tubería de PAD de 75 cm de diámetro.			
Obra inducida, construcción de muros Milán para la protección de tubería de drenaje de $\phi=203$ cms			
Obra inducida, desviación de líneas de agua potable existente con tubería de PAD.			
Obra inducida, trabajos para la reubicación de instalaciones de gas natural, tubería de acero de 16" y			
Obra inducida, trabajos para la reubicación de instalaciones de Pemex, poliducto de 16"			

e) Monto total de inversión

La construcción del Distribuidor Vial López Portillo, tendrá un costo de \$522.00 millones de pesos (Mdp) a precios del 2013 (incluyendo el IVA), los recursos provendrán de Recursos Fiscales. El calendario de inversiones a erogar durante la etapa de ejecución considera los recursos necesarios para concluir la obra en un periodo de 3 años, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16. Costo Total del Proyecto.

Id.	Componente	Fuente del Recurso	Costo en mdp del 2013
1	Construcción de la estructura de la Av. José López Portillo (norte)	Recursos Fiscales	\$80.19
		Otra	
2	Construcción de la estructura Av. José López Portillo (sur)	Recursos Fiscales	\$37.08
		Otra	
3	Construcción de la estructura de gasas Boulevard Aeropuerto (oeste)	Recursos Fiscales	\$4.33
		Otra	
4	Construcción de la estructura Boulevard Aeropuerto (este)	Recursos Fiscales	\$6.25
		Otra	
5	Construcción de la estructura II de la	Recursos Fiscales	\$91.29

Análisis Costo-Beneficio
Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

	Av. José López Portillo (sur)	Otra	
6	Construcción de la estructura II de la Av. José López Portillo (norte)	Recursos Fiscales	\$166.86
		Otra	
7	Construcción de Drenaje pluvial	Recursos Fiscales	\$1.39
		Otra	
8	Alumbrado publico	Recursos Fiscales	\$8.47
		Otra	
9	Señalamiento horizontal y vertical	Recursos Fiscales	\$0.65
		Otra	
10	Obras Inducidas	Recursos Fiscales	\$53.49
		Otra	
	Otra		
	Subtotal		\$450.00
	IVA		\$72.00
	Total		\$522.00

Fuente: Elaboración propia

f) Fuentes de financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
1. Federales	Recursos Fiscales	\$522.00 mdp	100%
2. Estatales			
3. Municipales			
4. Fideicomisos			
5. Otros			
Total		\$522.00 mdp	100%

g) Capacidad instalada

De acuerdo a los datos históricos de tránsito observados en el periodo del 2004 al 2013, se obtuvo la tasa de crecimiento de 6.7% para el tramo de la Av. José López Portillo (Carretera Méx-134, Toluca – Naucalpan), para el presente estudio se toma una tasa de crecimiento conservadora del 3.50% con la que fueron calculados los valores del TDPA a futuro, partiendo del año 2013 hasta llegar al año 2043, con el objeto de estimar la demanda en los próximos 30 años.

Es necesario realizar una estimación del periodo de tiempo en que dicho crucero llegará al nivel de su capacidad, a fin de tener otro parámetro.

De acuerdo a la metodología que describe el Manual de Capacidad de Carreteras de los

Estados Unidos, el "Highway Capacity Manual", la demora promedio, es el criterio que se utiliza para el cálculo de niveles de servicio para autopista (Puentes). Por lo tanto, para el nivel de servicio "E" (capacidad) la demora varía entre los < 27 y < 42 seg/veh. Por lo tanto se espera que la intersección en general de proyecto Distribuidor Vial López Portillo alcance su capacidad máxima aproximadamente 36 años a partir del año inicial de operaciones. Sin embargo sólo un sentido, Boulevard Aeropuerto este - oeste, presentará nivel de servicio "F" a los 28 años mientras que la mayoría de los demás sentidos presentará nivel de servicio "B" de los 10 a los 15 años de la construcción de la obra.

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto: Distribuidor Vial López Portillo, son las siguientes:

Tabla 17. Metas físicas anuales

Año	Obras por realizar	Longitud (km)	Costo (sin IVA en mdp)
2013	Drenaje pluvial de la zona del proyecto de 132 m de longitud. Obras inducidas de la zona del proyecto (529 m tubería de 16" de Gas natural y 600 m de tubería de 16" de PEMEX). Construcción de los tramos respectivos sobre la Av. José López Portillo, pavimentación de la gasa sobre el Boulevard Aeropuerto (oeste).	1.89	\$57.45
2014	Construcción de la Estructura Boulevard Aeropuerto (este) Construcción de la Estructura de la Av. José López Portillo (norte)	2.51	\$183.56
2015	Estructura II de la Av. José López Portillo (sur) Estructura II de la Av. José López Portillo (norte)	2.18	\$209.00

Fuente: Elaboración propia.

i) Vida útil

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	Horizonte de evaluación de 31 años, considerando 3 años de construcción y 28 años de operación.

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios técnicos

Técnicamente, el proyecto ejecutivo se realizó de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT y cuenta con el visto bueno correspondiente.

Estudios legales

Para la modernización se cuenta con el derecho de vía necesario para la construcción de la obra.

Estudios ambientales

Respecto al tema ambiental, se cuenta con la exención de la Manifestación de Impacto Ambiental de Semarnat.

Estudios de mercado

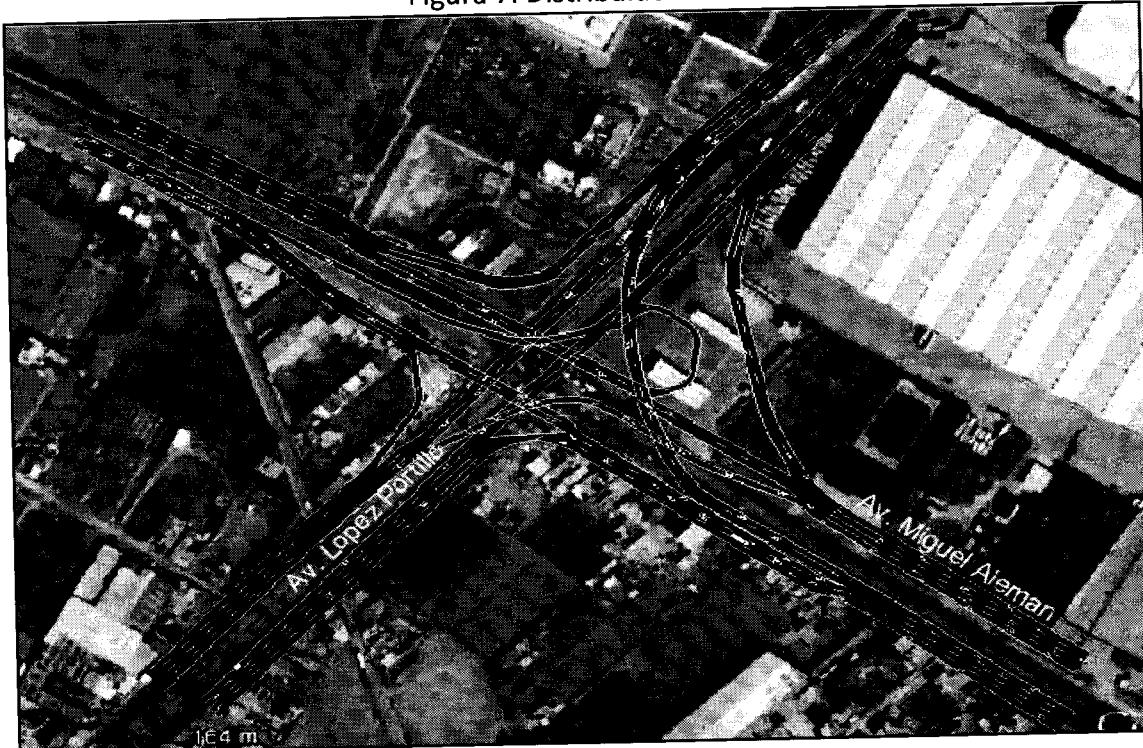
Se elaboró un estudio de Ingeniería de Tránsito y Demanda Vial en Febrero del 2013, el cual se adjunta en los Anexos.

k) Análisis de la Oferta

La construcción del Distribuidor Vial López Portillo consiste básicamente de 4 estructuras a desnivel, una de ellas a un 1er. nivel y tres de ellas hasta un 2do. nivel, además de gasas a construir con

terraplenes mecánicamente estabilizados. El Boulevard Aeropuerto se mantendrá a nivel. A continuación se presenta una descripción:

Figura 7. Distribuidor Vial



Fuente: Elaboración propia, obtenido del proyecto geométrico.

Tabla 18. Resumen de las características de la oferta del proyecto.

Tramos	Situación con proyecto					Ancho (m)
	Vel(km/hr)	IIR	NS	Carriles		
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	50	3	B	1	4	
De Boulevard Aeropuerto este a oeste	80	3	B	2	8	
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	60	3	B	1	4	
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	50	3	B	1	4	
De Boulevard Aeropuerto oeste a este	80	3	B	2	8	
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	50	3	B	1	4	

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	80	3	B	1	4
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	60	3	B	1	4
De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	60	3	B	1	4
De López Portillo norte a sur	80	3	B	2	8
De López Portillo sur a norte	80	3	B	2	8
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	50	3	B	1	4

Fuente: Elaboración propia con base en estudio vial, abril 2013

*NS: Nivel de Servicio. Las velocidades que se presentan son las correspondientes a automóviles. Las velocidades para autobuses y camiones se encuentran en el modelo de evaluación.

Para la evaluación se determinó con base en el estudio vial, que la mejor opción era dividir el proyecto en 3 tramos. Cabe hacer mención que esta división es común para los proyectos con las mismas características que el Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan, es decir, para proyectos tales como distribuidores viales o puentes a desnivel que contemplan 12 movimientos direccionales.

Así pues, el presente proyecto se dividió en:

- Tramo para fines de evaluación A: Boulevard Aeropuerto. Todos los movimientos que inicien en el Boulevard Aeropuerto.
- Tramo para fines de evaluación C: Av. José López Portillo. Movimientos que irán a desnivel de norte a sur y de sur a norte.
- Tramo para fines de evaluación B: Gazas Av. José López Portillo. Las movimientos que no sean en línea recta (norte - sur, por ejemplo) y que inicien en la Av. José López Portillo

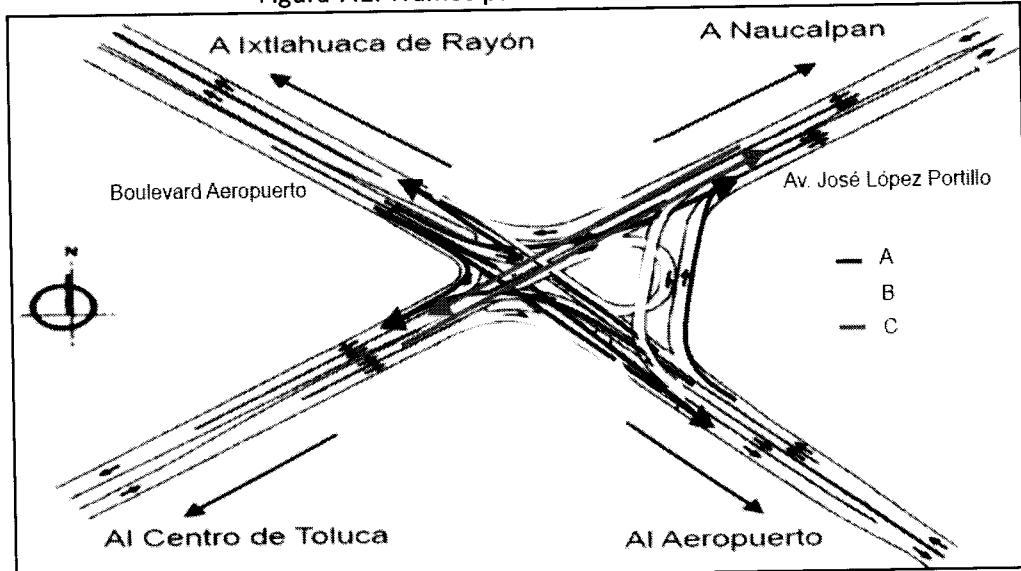
Tabla 18.1 Tramos para fines de evaluación

Situación con proyecto	
Tramos	Tramo para fines de evaluación
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	A
De Boulevard Aeropuerto este a oeste	A
De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	A
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	C
De Boulevard Aeropuerto oeste a este	A
De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	C
De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	A
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	C

De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	A
De López Portillo norte a sur	B
De López Portillo sur a norte	B
De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	C

Fuente: Elaboración propia

Figura 7.1. Tramos para fines de evaluación



Fuente: Elaboración propia

I) Análisis de la Demanda

Por medio de los aforos de tránsito vehicular, se conoce el número de vehículos que pasan por un punto dado, información que posteriormente se analiza y se procesa para determinar los volúmenes de tránsito y su composición vehicular, con lo cual se logra conocer el nivel de servicio a que operan los caminos, y con ellos determinar los rangos de volúmenes a que operan la red vial. Sobre esta intersección se colocaron 2 aforos tipo contadores automáticos, uno en el Boulevard Aeropuerto y otro en la Av. José López Portillo, lo anterior por periodo de una semana completa.

Tabla 18.2. TDPA por Rama

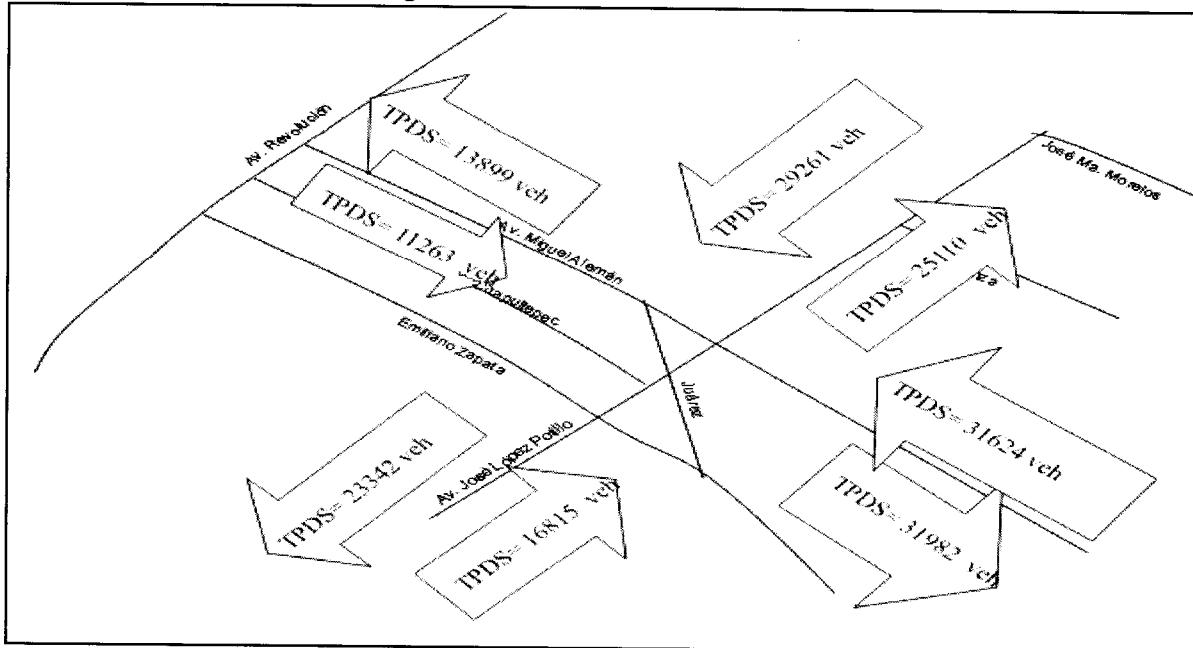
Avenida	Rama	TDPA	Composición vehicular		
			A %	B %	C %

Análisis Costo-Beneficio
Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

J.López Portillo	Sur sentido Sur- norte	16,815	82	8	10
J.López Portillo	Norte sentido Norte -Sur	29,261	9	5	5
Blvd. Aeropuerto	Poniente Sentido Poniente- oriente	11,263	8	16	4
Blvd. Aeropuerto	Oriente Sentido oriente- poniente	31,624	92	2	6

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio vial, abril 2013

Figura 7.2. TDPA en la intersección



Fuente: Elaboración propia a partir de estudio vial, abril 2013

Se realizaron también aforos direccionales. Para este estudio se consideraron todos los posibles movimientos vehiculares en la intersección (de frente vuelta derecha, izquierda o retornos). En este caso se utilizó el aforo manual de día representativo de la semana en tres períodos de aforo de 4 horas: de 6 a 10 de la mañana, de 12 a 4 de la tarde y de 6 a 10 de la noche. Este método consiste en ir realizando conteo y clasificación de cada vehículo que realiza cada trayectoria en la intersección.

A continuación se presenta la demanda en términos del TDPA y su configuración vehicular. Cabe señalar que se asumió que los movimientos de vueltas a la derecha no serían afectados de manera significativa por el proyecto, por lo que no se consideraron en la evaluación económica.

Tabla 19. TDPA por movimiento vehicular.

TRAMOS		TPDA	A%	B%	C%
1	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	425	88	10	2
2	De Boulevard Aeropuerto este a oeste	11,358	92	1	7

3	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	984	88	10	2
4	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	5,066	83	8	9
5	De Boulevard Aeropuerto oeste a este	9,855	88	10	2
6	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	3,211	83	8	9
7	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	11,946	92	1	7
8	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	15,835	89	5	6
9	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	8321	92	1	7
10	De López Portillo norte a sur	12,545	89	5	6
11	De López Portillo sur a norte	8,538	83	8	9
12	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	881	89	5	6

Fuente: Elaboración propia estudio vial, abril 2013.

Nota: los movimientos de giro a la derecha se agruparon en un solo movimiento, debido a que actualmente su funcionamiento es a flujo continuo.

Tabla 20. TDPA por movimiento vehicular.

	TRAMOS	TPDA	A%	B%	C%
1	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo sur	425	374	43	9
2	De Boulevard Aeropuerto este a oeste	11,358	10449	114	795
3	De Boulevard Aeropuerto oeste a López Portillo norte	984	866	98	20
4	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto este	5,066	4205	405	456
5	De Boulevard Aeropuerto oeste a este	9,855	8672	986	197
6	De López Portillo sur a Boulevard Aeropuerto oeste	3,211	2665	257	289
7	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo sur	11,946	10990	119	836
8	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto este	15,835	14093	792	950
9	De Boulevard Aeropuerto este a López Portillo norte	8321	7655	83	582
10	De López Portillo norte a sur	12,545	11165	627	753
11	De López Portillo sur a norte	8,538	7087	683	768
12	De López Portillo norte a Boulevard Aeropuerto oeste	881	784	44	53

Fuente: Elaboración propia con base en estudio vial, abril 2013

m) Interacción Oferta-Demanda

A continuación se presenta la relación oferta-demanda para cada uno de los tramos en que se dividió el proyecto para su evaluación.

Tabla 21. Interacción oferta-demanda con proyecto.

Análisis Costo-Beneficio

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Año	Boulevard Aeropuerto			Av. J. López Portillo			Gasas Av. J. López Portillo		
	TDPA	Vel (km/hr)	NS	TDPA	Vel (km/hr)	NS	TDPA	Vel (km/hr)	NS
0	42887	53	B	21154	47	B	24922	47	B
1	44388	53	B	21894	46	B	25794	46	B
2	45942	52	B	22661	45	B	26697	45	B
3	47550	68	B	23454	80	B	27631	53	B
4	49214	67	B	24275	79	B	28599	52	B
5	50936	66	B	25124	78	B	29600	51	B
6	52719	65	B	26004	77	B	30636	50	B
7	54564	64	B	26914	75	B	31708	49	B
8	56474	63	B	27856	74	B	32818	49	B
9	58451	62	B	28831	73	B	33966	48	B
10	60496	62	B	29840	72	B	35155	47	B
11	62614	61	B	30884	71	B	36385	47	B
12	64805	60	B	31965	70	B	37659	46	B
13	67073	59	B	33084	69	B	38977	45	B
14	69421	58	B	34242	68	B	40341	45	B
15	71851	57	C	35440	67	B	41753	44	B
16	74365	56	C	36681	66	C	43214	43	B
17	76968	55	C	37965	65	C	44727	43	B
18	79662	55	C	39293	64	C	46292	42	B
19	82450	54	C	40669	63	C	47913	41	B
20	85336	53	C	42092	62	C	49590	41	B
21	88323	52	C	43565	61	C	51325	40	B
22	91414	51	C	45090	60	C	53122	40	B
23	94614	51	C	46668	59	C	54981	39	B
24	97925	50	C	48302	59	C	56905	38	B
25	101352	49	C	49992	58	C	58897	38	B
26	104900	49	C	51742	57	C	60958	37	B
27	108571	48	C	53553	56	C	63092	37	C
28	112371	47	D	55427	55	C	65300	36	C
29	116304	46	D	57367	54	C	67585	36	C
30	120375	46	D	59375	54	D	69951	35	C

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio vial, abril 2013.

NS=Nivel de Servicio

De este análisis se observa que el nivel de servicio en las avenidas y movimientos en la intersección presentan un nivel adecuado, debido principalmente a la eliminación de los semáforos, lo que permite una operación fluida de los flujos en la intersección, tanto en el periodo de congestión como en el de sin congestión.

V. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Costo total del proyecto.

Etapa de ejecución.

La construcción del Distribuidor Vial López Portillo tendrá un costo de \$450.00 millones de pesos (Mdp) sin incluir el Impuesto al Valor Agregado (IVA), los recursos provendrán de Recursos Fiscales.

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 4 años con una sobrecarpeta cada 8 años; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años.

Rutinario 30,000.00 \$/km/carril

Bacheo general y riego de sello 145,000.00 \$/km/carril

Sobrecarpeta 800,000.00 \$/km/carril

Reconstrucción 2,200,000.00 \$/km/carril

A continuación se presentan los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas.

Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Tabla 22. Mantenimiento y Conservación (miles de pesos/2013).

Situación	Rutinario	Periódica	Reconstrucción
		Bacheo general, riego de sello y sobre carpeta Sobre carpeta	
Sin Proyecto	11,160	26,160	26,400
Con Proyecto	14520	34880	35200

Fuente: Elaboración propia, basado en costos de la SCT

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

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

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 140, Artículo 2, Enero-Febrero 2013, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$35.90 y por motivo de placer de \$21.54 pesos por hora, actualizado 2013. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 57% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 43% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

Tabla 23. Parámetros para estimar el valor del tiempo.

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	35.90	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	21.54	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	57	%
Número de pasajeros auto	2.5	pas/veh
Número de pasajeros autobús	22	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.53	\$/hr/ton
Toneladas promedio	13.8	ton/veh

Fuente: Boletín Notas 140, Artículo 2, IMT, enero-febrero 2013

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 31 años del horizonte del proyecto.

Tabla 24. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje al primer año de operación en óptimas condiciones(miles de pesos/año).

Situación	Costos (midpdel 2013)
Sin proyecto	107,610
Con proyecto	78,583
Beneficios	29,027

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.

Ahorro en costos de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado VehicleOperatingCost (VOC) que es parte del modelo HighwayDevelopment and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el 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.

Tabla 25. Algunos parámetros para obtener los costos de operación vehicular.

Parámetro	Unidad	Automóvil	Autobús	Camión
Precio del vehículo nuevo	\$	212,152.00	2,080,852.00	1,085,955.00
Costo del combustible	\$/litro	10.09	10.45	10.45
Costo de los lubricantes	\$/litro	25.50	25.12	25.12
Costo por llanta nueva	\$/llanta	883.10	2,653.02	2,475.25
Tiempo de los operarios	\$/hora	22.977	65.78	52.73
Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.000	0.000	0.000
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	21.70	56.42	37.43

Fuente: Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2012, Publicación Técnica No. 368, del Instituto Mexicano del Transporte.

Nótese que el tiempo de los pasajeros es \$0.00, esto debido a que estos precios determinan en parte los costos por tiempo de viaje, tomarlos en cuenta sería un error por tomarlos en cuenta dos veces.

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 31 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 (año 4).

Tabla 26. Beneficios por ahorro en costos de operación al primer año de operación óptima

Situación	Costos (midp del 2013)
Sin proyecto	209,276
Con proyecto	182,884
Beneficios	26,392

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.

La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel prefactibilidad, 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 3.5% anual durante el periodo de análisis.
- En los tres primeros años no hay ahorros en costos de operación, costos de tiempo ni en costos de mantenimiento; bajo el supuesto de que la situación actual es igual a la situación con proyecto durante los primeros tres años, es decir mientras se construye el proyecto. Se supone también que no existen costos por molestias derivados de la obra debido a:
 - Acciones para mitigar molestias:
 - Planeación estratégica para la construcción de la obra.
 - Apego estricto a los tiempos establecidos para la ejecución de la obra.
 - Difusión en los medios de comunicación de los posibles cortes a la circulación durante la ejecución de la obra.
 - Señalización previa con propuesta de rutas alternas.
 - Determinación de rutas alternas con señalamiento para el

conocimiento común de los usuarios.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Indicador	Indicadores de Rentabilidad	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	137,540,738.37 pesos del 2013	
Tasa interna de retorno (TIR)	15.2%	
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	11.3%	

d) Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad con respecto al monto de la inversión, a los costos de mantenimiento y a la demanda, modificando las cifras del 60 al 140% respecto del valor programado. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 27. SENSIBILIDAD A LA INVERSIÓN

Variación	Inv (MDP)	TIR	VPN (Mip)	TRI
140.0%	630.00	11.7%	(18,593)	8.1%
130.0%	585.00	12.4%	20,440	8.7%
120.0%	540.00	13.2%	59,474	9.4%
110.0%	495.00	14.2%	98,507	10.3%
100.0%	450.00	15.2%	137,541	11.3%
90.0%	405.00	16.5%	176,574	12.5%
80.0%	360.00	18.0%	215,608	14.1%
70.0%	315.00	19.9%	254,641	16.1%
60.0%	270.00	22.3%	293,675	18.8%

Fuente: Evaluación

Tabla 28. SENSIBILIDAD AL MANTENIMIENTO

Variación	Mantenimiento (Mdp)	TIR	VPN (Mip)	TRI
140.0%	118,440	15.1%	130,654	11.3%
130.0%	109,980	15.1%	132,375	11.3%
120.0%	101,520	15.2%	134,097	11.3%
110.0%	93,060	15.2%	135,819	11.3%
100.0%	84,600	15.2%	137,541	11.3%
90.0%	76,140	15.3%	139,263	11.3%
80.0%	67,680	15.3%	140,984	11.3%
70.0%	59,220	15.4%	142,706	11.3%
60.0%	50,760	15.4%	144,428	11.3%

Fuente: Evaluación

Tabla 29. SENSIBILIDAD AL TDPA BASE

Variación	TPDA	TIR	VPN (Mdp)	TRI
140.0%	105,173	12.0%	1,830	9.4%
130.0%	101,120	12.8%	36,296	9.8%
120.0%	97,068	13.6%	70,762	10.3%
110.0%	93,015	14.4%	105,227	10.8%
100.0%	88,963	15.3%	139,693	11.3%
90.0%	84,911	16.2%	174,159	11.8%
80.0%	80,858	17.2%	208,624	12.3%
70.0%	76,806	18.2%	243,090	12.8%
60.0%	72,753	19.4%	277,555	13.3%

Fuente: Evaluación

e) Análisis de riesgos

En la etapa de licitación, ejecución y operación de un proyecto carretero existen riesgos que pueden afectar la viabilidad y rentabilidad del mismo. Por lo que deben ser evaluados económica y técnicamente para garantizar la rentabilidad del proyecto y la seguridad de los habitantes aledaños al mismo.

El principal riesgo que presenta este proyecto es el de 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 y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución, así como problemas económicos que pudieran incidir fuertemente en la demanda de transporte.

VI. Conclusiones y Recomendaciones

La evaluación del proyecto Distribuidor Vial López Portillo, en las localidades de Guadalupe Victoria y San Diego de los Padres en el municipio de Toluca, Estado de México, indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable.

Este proyecto resulta factible desde el punto de vista socioeconómico, ya que presenta ahorros significativos en tiempos de recorrido y costos de operación en comparación con la inversión requerida. Esta obra mejorará los niveles de servicio ofrecidos a los usuarios locales y de largo itinerario, al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona.

Así mismo, con la construcción del Distribuidor Vial se estimulará el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación de mejores características, que eleve la seguridad y permita hacer más eficiente el transporte de mercancías y personas.

El elemento fundamental que provoca la rentabilidad del proyecto son los beneficios derivados de los ahorros en el tiempo de viaje de los usuarios y los ahorros en los costos de operación vehicular que generaría la situación con proyecto en relación con la inversión total del proyecto. Tales beneficios superan de manera importante, incluso ante variaciones en las variables que afectan negativamente al modelo (menor pronóstico del TDPA, mayores costos de inversión), a los costos de inversión y mantenimiento necesarios para llevar a cabo dicho proyecto.

Finalmente, es importante señalar que la situación con proyecto también generaría externalidades positivas, tales como la reducción de accidentes viales, como resultado de la mejora en la operación de los flujos vehiculares.

En síntesis, la construcción del Distribuidor Vial López Portillo tendrá un impacto positivo, concretamente en los siguientes aspectos:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.

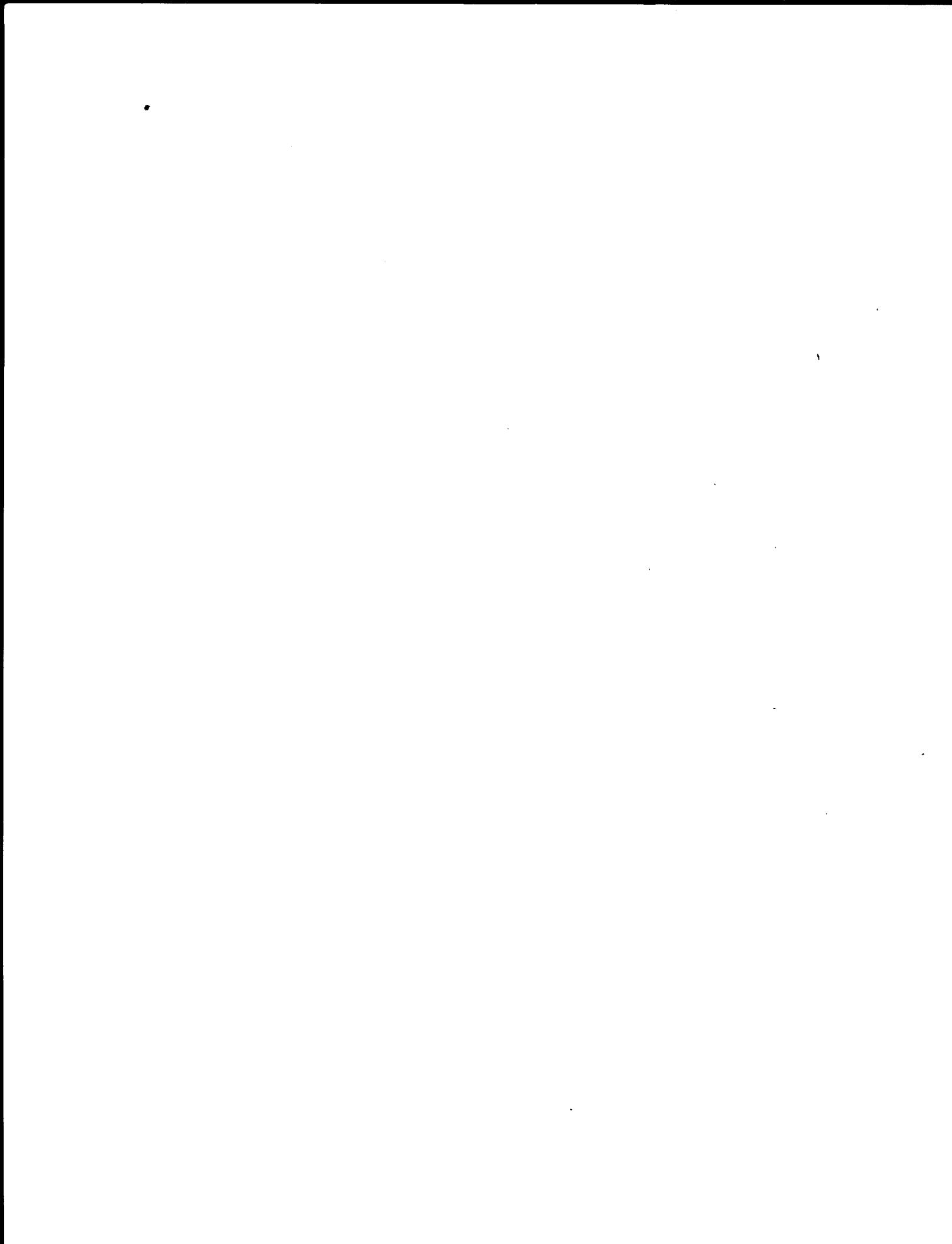
- Reducción en los tiempos de recorrido.
- Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Garantizar el flujo libre y seguro de los vehículos que circulan por esta vía.
- Aumento en los niveles de servicio de la vía.
- Disminución en los niveles de contaminación auditiva y del aire.
- Mejoría en la interconexión de las carreteras federales y estatales del área de influencia del proyecto.
- Disminuir el tránsito de vehículos de carga y de largo itinerario por las calles de la ciudad.
- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.

VII. Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación actual, sin proyecto y con proyecto.
Anexo B	Estudios Técnicos	
Anexo C	Estudios Legales	
Anexo D	Estudios Ambientales	
Anexo E	Estudios de Mercado	
Anexo F	Estudios Específicos	
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	
Anexo H	Análisis de Sensibilidad	

VIII. Bibliografía

- Aguerrebere Salido, R., Cepeda Narváez, F., Publicación Técnica No. 20. "Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1991.
- Aguerrebere Salido, R., Cepeda Narváez F., Publicación Técnica No. 30, "Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, 1991.
- Arroyo Osorno José Antonio, Aguerrebere Salido, R., Guillermo Torres Vargas, Publicación Técnica 368. Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2012, del Instituto Mexicano del Transporte.
- Banco Interamericano De Desarrollo.- Programa de Mejoramiento y Modernización de Caminos Rurales y Carreteras Alimentadoras con financiamiento externo.
- Fontaine, Ernesto R. Evaluación social de proyectos. Ediciones Universidad Católica de Chile, 12^a Edición, 1999.
- Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García. Publicación Técnica No. 291. Propuesta Metodológica para la Estimación del Valor del Tiempo de los Usuarios de la Infraestructura Carretera en México: el caso del transporte de pasajeros. ", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2006.
- INEGI.- "XII Censo de Población y Vivienda, 2000", página Web, <http://www.inegi.gob.mx>
- INEGI.- "Banco de Información Económica", página Web, <http://www.inegi.gob.mx>
- Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México 2013. Boletín Notas 140, Artículo 2, Enero-Febrero 2013, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. www.shcp.gob.mx/



Distribuidor Vial en el Cruce Boulevard Aeropuerto y Carretera Federal Toluca - Naucalpan

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Salarios Mínimos Vigentes. <http://stps.gob.mx>

VOCMEX, VehicleOperatingCostsModel, Versión 3.0, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México (2008)

Responsables de la Información

Ramo:

09. Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Entidad:

Estado de México

Área Responsable:

Centro SCT del Estado de México

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Hector Armando Arvizu Hernandez	Director General de Carreteras		17-06-13

Versión	Fecha
02	17-06-13

*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.