



METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE REUBICACIÓN DE TERMINALES Y LIBRAMIENTOS FERROVIARIOS

D.R.© Banco Nacional de Obras y
Servicios Públicos, S.N.C
*Centro de Estudios para la Preparación y
Evaluación Socioeconómica de Proyectos.*

Registro en Trámite

Se prohíbe la reproducción total o parcial
de esta obra sin autorización por escrito de
su editor.

México

Documento elaborado por:

MDI. Javier Meixueiro Garmendia
Lic. Marco Antonio Pérez Cruz
Dra. Anne Laure Mascle Allemand

MAYO 2010

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO I ESTIMACIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA FERROVIARIA	1
1.1 OFERTA FERROVIARIA	1
1.2 DEMANDA FERROVIARIA	1
CAPÍTULO II METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE REUBICACIÓN DE TERMINALES Y LIBRAMIENTOS FERROVIARIOS	3
2.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS	3
2.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS	7
2.3 EVALUACIÓN	8
CAPÍTULO III EVALUACIÓN DE LA REUBICACIÓN DE UNA TERMINAL Y UN LIBRAMIENTO FERROVIARIO	10
3.1 SITUACIÓN ACTUAL	10
3.1.1 OFERTA ACTUAL DE SERVICIOS FERROVIARIOS	10
3.1.2 DEMANDA ACTUAL DE SERVICIOS FERROVIARIOS	12
3.1.3 INTERACCIÓN OFERTA–DEMANDA (DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL)	13
3.1.4 OPTIMIZACIONES	29
3.2 SITUACIÓN SIN PROYECTO	30
3.3 SITUACIÓN CON PROYECTO	35
3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	35
3.3.2 OFERTA CON PROYECTO	36
3.3.3 DEMANDA CON PROYECTO	36
3.3.4 INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO	36
3.4 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	39
3.4.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS	39
3.4.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS	40
3.4.3 INDICADORES DE RENTABILIDAD	43
3.4.4 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	45

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, el crecimiento de las ciudades ha provocado que existan ciertas actividades que ocupan zonas que podrían ser mejor aprovechadas por otras. Un ejemplo de ello son las Terminales ferroviarias (carga y/o pasajeros), las cuales en un inicio fueron el punto central del desarrollo de diversas actividades, pero con el paso del tiempo y al surgimiento de nuevos modos de transporte, su localización comenzó a interferir con las mismas; asimismo, al situarse generalmente en el centro de las ciudades, el valor de los terrenos en donde se localizan se apreció a tal grado, que sería factible proponer su traslado a las afueras, ya que los terrenos podrían utilizarse en actividades más rentables.

Por lo anterior, los encargados de los diferentes niveles de gobierno en México, han identificado, más que una problemática, la oportunidad de negocio que resultaría de la reubicación de Terminales ferroviarias, sin embargo, antes de llevar a cabo cualquier proyecto, es necesario determinar si es conveniente o no para la sociedad.

En este sentido, el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), ha desarrollado una metodología que presenta los principales conceptos que deben ser considerados para la evaluación de este tipo de proyectos, destacando entre ellos la estimación de la oferta y la demanda, así como la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios.

Asimismo, se ha incluido un ejemplo práctico que desarrolla una evaluación a nivel de perfil de un proyecto de reubicación de una Terminal y libramiento ferroviario, con el objetivo de coadyuvar a la formulación, preparación, elaboración y evaluación socioeconómica de este tipo de proyectos, y así colaborar, al mejoramiento de la asignación de los recursos económicos con los que cuenta la sociedad mexicana.

CAPÍTULO I

ESTIMACIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA FERROVIARIA

Este capítulo tiene la finalidad de describir la oferta y la demanda ferroviaria de la zona de influencia, en particular, la de carga, ya que en México más que haber un sistema avocado al traslado de pasajeros, el mayor porcentaje de éste, es dedicado al transporte de bienes.

1.1 Oferta ferroviaria

La oferta ferroviaria está compuesta por la infraestructura en vías y las Terminales de carga, descarga y acomodo. Por ello, en esta sección debe presentarse la longitud y el ancho de las vías habilitadas para la circulación de trenes, así como las características específicas del área de las Terminales, en la zona de estudio.

En particular, se debe realizar un croquis de la localización de las vías y las Terminales, la longitud y ancho de los derechos de vía que éstas ocupan, así como el sistema de detención de vehículos que se utilice al paso del tren por la ciudad.

Asimismo, debe presentarse un inventario de las intersecciones que tiene la vía con avenidas o calles, a lo largo de la zona en estudio. Lo anterior, tiene la finalidad de poder contar con la información necesaria para determinar ciertos costos y beneficios de los que se hablará en el Capítulo II.

1.2 Demanda ferroviaria

La demanda ferroviaria de carga está determinada por todos los agentes económicos que necesitan trasladar productos de un lugar a otro. Por ello, para este tipo de proyectos es necesario presentar el número de trenes que son atendidos en las Terminales y/o circulan por las vías. Lo anterior debe mostrarse de manera esquematizada, en donde se especifique el horario promedio diario de entrada o salida de trenes y el largo de los mismos, así como el número promedio de vagones que jala cada uno y su peso.

La estimación de esta demanda puede hacerse por medio de las bitácoras que elaboran año con año las empresas operadoras de las concesiones ferroviarias, sin embargo, se recomienda realizar un trabajo de campo que corrobore esta información.

Adicionalmente, se debe presentar el tránsito promedio diario anual (TPDA) que circula por las avenidas o calles que intersectan la vía, a lo largo de la zona en estudio, lo anterior con la finalidad de estimar el número de vehículos y personas que se ven afectados por el paso del tren.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE REUBICACIÓN DE TERMINALES Y LIBRAMIENTOS FERROVIARIOS

En este capítulo se desarrolla la propuesta metodológica del CEPEP, para la evaluación de proyectos de libramientos ferroviarios. Con ella, se busca tener una herramienta objetiva que permita formular, preparar y evaluar este tipo de proyectos. Asimismo, esta metodología servirá para tomar decisiones en cuanto a la asignación de recursos, ya que con ella se podrán priorizar los proyectos que se tengan, de acuerdo a su nivel de rentabilidad.

En este sentido, el análisis económico que se utilizará para desarrollar esta metodología será de costo – beneficio, por lo que se identificarán, cuantificarán y valorarán los costos y los beneficios más representativos de este tipo de proyectos. De igual manera, para la parte de toma de decisiones, se presentarán los indicadores de rentabilidad pertinentes, de acuerdo a las características de cada proyecto.

2.1 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios

Para poder desarrollar esta sección es conveniente describir las principales razones por las que se proponen proyectos de reubicación de Terminales y libramientos ferroviarios, ya que así se puede explicar de manera más explícita, el porqué de la identificación de los beneficios que más adelante se presentarán.

Por lo anterior, y aunado a la experiencia que el CEPEP ha adquirido en la revisión de este tipo de proyectos, a continuación se plantean las causas más comunes por las que diversos gobiernos han propuesto proyectos de reubicación de Terminales y libramientos ferroviarios:

- *Costo de oportunidad de los terrenos en donde se ubica la Terminal y las vías ferroviarias que llegan a ésta*

Ésta es la principal razón identificada por la que la mayoría de los proyectos ferroviarios de esta índole son propuestos. Debido a cuestiones de crecimiento de las ciudades, la mayoría de las Terminales ferroviarias han quedado situadas en zonas en donde el valor de los terrenos es significativamente más “alto” al de otras zonas. De ahí, que se proponga la reubicación de las Terminales a zonas periféricas (por lo general, menos costosas), ya que así se podrían vender los terrenos actuales y tener una ganancia por ello.

Como se puede observar, esta razón más que ser una problemática, es una oportunidad de negocio, que puede ser aprovechada por los gobiernos.

- *Incremento en costos sociales por el paso de los trenes a través de la zona urbana*

Al tener Terminales que se encuentran en la zona urbana, se provoca que existan detenciones de vehículos en los cruces ferroviarios con calles y avenidas. Con ello, la sociedad incurre en mayores costos de operación en los vehículos que se detienen al cruzar las vías del tren, así como mayores costos de espera para aquellas personas que viajan en dichos vehículos.

- *Incremento en el ruido y contaminación del aire*

El ruido y la contaminación del aire que generan los trenes a su paso, provocan molestias a las personas y comercios que se encuentran situados a los costados de las vías.

Partiendo de lo antes descrito, a continuación se presentan los beneficios que tendría un proyecto de reubicación de una Terminal y libramiento ferroviario. La manera de realizarlo es identificando el beneficio, para después explicar cómo se cuantificaría y valoraría.

- **Beneficio por la venta de terrenos (liberación de recursos)**

Este beneficio se refiere a la venta de los terrenos en donde se encuentra la Terminal ferroviaria y de aquellos en donde están instaladas las vías utilizadas para la circulación de los trenes (derecho de vía que con el libramiento ya no se utilizaría). Se cuantifica con el número de m² que se liberarían con la reubicación y se valora con el precio de mercado, sin IVA del m² de terrenos que tengan características similares. Cabe señalar, que para la estimación del precio del m² se deben considerar factores que lo impactan como:

- Con frecuencia, parte de los terrenos de la Terminal se encuentran contaminados (aceites y combustibles) y no tienen servicios básicos (luz, agua, drenaje) ni vialidades, por lo que no se podría considerar el precio de terrenos aledaños dado que no son equiparables. Por lo anterior, es necesario disminuir al precio de mercado, los costos de descontaminar, de introducir servicios básicos y vialidades a los terrenos en estudio. Por ejemplo, si el precio por m² en un terreno aledaño es de \$4,000 y el costo por m² de descontaminar, introducir servicios básicos y vialidades es de \$2,000, entonces el precio final de venta relevante sería de \$2,000.
- En el caso de los terrenos en donde se encuentran instaladas las vías, se debe considerar el costo de desmantelarlas y el precio de venta del material recuperado.
- Generalmente, las Terminales ferroviarias en México son consideradas monumentos históricos, por lo que el precio de construcción puede ser mayor al que se observe en la zona del proyecto. Por lo anterior, es necesario realizar un estudio detallado que muestre las características de dicho inmueble y así poder asignar un precio de mercado a los m² de su construcción.

- **Beneficio por la disminución de los costos de viaje**

Debido a que con el paso del tren por la zona urbana, se provoca la detención de los vehículos que pretenden cruzar la vía del tren, el beneficio que se identifica es la disminución o la eliminación de estas detenciones.

Con lo anterior, la sociedad incrementaría su bienestar, ya que con la operación del proyecto, los vehículos disminuirían su costo de operación, al no tener que detenerse, ahorrando tiempo de espera de las personas que viajan en dichos vehículos.

La cuantificación se realiza a través de la estimación del número de vehículos afectados y el tiempo que tienen que esperar sus usuarios; para la valoración se utiliza el costo de operación que representa para los vehículos detenerse, permanecer encendidos y continuar su trayecto. Este costo se puede determinar por medio de encuestas a fabricantes de vehículos. En cuanto a la valoración para el tiempo de espera, se debe considerar el costo del tiempo de los usuarios para la zona del proyecto.

- **Valor de rescate**

Este beneficio se refiere, al valor recuperable que tendrían los componentes del proyecto al final del horizonte de evaluación considerado. Los principales componentes son los terrenos que forman parte de la Terminal y el derecho de vía, los equipos, las vías y las construcciones. Para cuantificar y valorar este beneficio se propone utilizar el monto del costo inicial erogado para ejecutar el proyecto.

- **Beneficios ambientales**

Este beneficio se refiere a que dado que los trenes no pasarán por la zona urbana, el ruido que estos provocan, ya no afectará a la población de la ciudad. Sin embargo, este beneficio se ha clasificado como intangible debido a la complejidad de estimarlo.

Cabe señalar, que existe una contraposición a este beneficio, es decir, al sacar el paso de los trenes de la ciudad, se incurre en el costo ambiental de trazar la nueva ruta por zonas rurales, pudiendo ocasionar una mayor deforestación o daño a la flora y fauna de la zona. Asimismo, existe otro costo ambiental intrínseco a este tipo de proyectos, éste es el costo por mayor contaminación del aire, ya que al hacer un libramiento el recorrido de los trenes aumenta, incrementando con ello el número de emisiones que estos realizan al ambiente.

2.2 Identificación, cuantificación y valoración de costos

De la misma manera en que se identificaron, cuantificaron y valoraron los principales beneficios de este tipo de proyectos, a continuación se desarrollan los costos relevantes en los que incurriría la sociedad, si se implementara alguna propuesta de reubicación de Terminal y libramiento ferroviario.

- ***Costos de inversión***

Se refiere a la utilización de recursos humanos y materiales para construir las obras requeridas por el proyecto y su equipamiento. Para este caso, se debe considerar el costo de los terrenos donde se pretende situar la nueva Terminal y el libramiento ferroviario (derecho de vía). Asimismo, debe incluirse el costo de las vías y el equipamiento de la Terminal. La manera de cuantificar este costo es mediante el número de unidades físicas (ton, m², etc.) que se necesitarían para realizar las obras y se valorará a través del precio de mercado (sin IVA) que tengan cada una de estas unidades.

- ***Costos de operación y mantenimiento de los trenes (COMT)***

Este costo se identifica como el diferencial en el valor que se tiene que pagar para mantener la operación de los trenes a un nivel adecuado, entre la situación sin proyecto y con proyecto. Para cuantificarlo, se considera el número de kilómetros que los trenes deben recorrer de la zona en estudio y se valora por medio del costo promedio por kilómetro transitado (este precio

puede ser recabado por medio de los costos en los que incurre la empresa que es dueña de los trenes).

En particular, debe analizarse si estos costos no resultan ser beneficios (ahorro en costos), debido a que con libramientos férreos, los trenes pueden ir a una mayor velocidad (situación con proyecto) que si circularan por la ciudad (situación sin proyecto), con lo que tendría menores COMT.

- **Costos de operación y mantenimiento del sistema ferroviario**

Se refiere a la utilización de los recursos humanos y materiales para mantener el servicio en un nivel adecuado. Por lo anterior, este costo se cuantifica y valora con el diferencial entre los costos de operación y mantenimiento de las vías entre las situaciones sin y con proyecto. Al igual que los COMT, puede presentarse el caso en donde este diferencial sea negativo, por lo que en vez de costos serían beneficios del proyecto. Esto se debe a que el mantenimiento de vías nuevas es menor que el de las vías viejas, por lo que al hacer el comparativo puede darse el caso que estos últimos sean mayores, sin embargo debe considerarse que por lo general en la situación con proyecto se debe mantener una mayor longitud de vías (libramiento).

2.3 Evaluación

Para determinar si es conveniente o no ejecutar un proyecto, se utilizan indicadores de rentabilidad obtenidos de la comparación de los costos y beneficios que se presentan en la situación con y sin proyecto durante un horizonte de evaluación. En este caso, la selección de indicadores relevantes dependerá del comportamiento de los beneficios netos, es decir, si estos son constantes, el indicador más conveniente es el Valor Presente Neto, mientras que si son crecientes en el tiempo, se utilizaría la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI). A continuación, se presentan las fórmulas de cada indicador y el significado de los resultados que se podrían obtener.

- **Valor Presente neto (VPN)**

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

Donde:

r Tasa social de descuento anual idéntica para cada período (12%)

t Período de tiempo (año)

FE_t Flujos de efectivo en t

n Número de años del horizonte de evaluación menos uno

Si el VPN>0, entonces se recomienda realizar el proyecto, pero si el VPN<0 entonces lo más conveniente sería no llevarlo a cabo. En el caso de un VPN=0, se es indiferente entre llevarlo a cabo o postergarlo.

- **Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)**

$$TRI = \frac{FE_t}{I_0}$$

Donde FE_t es el flujo de efectivo en el periodo t e I₀ es el valor de la inversión o inversiones un periodo antes del primer año de operación del proyecto. El criterio de decisión es que cuando la TRI es mayor o igual al costo de oportunidad de los recursos, entonces es el momento óptimo para que inicie la operación del proyecto, es decir, cuando:

$$TRI > r$$

Donde:

r es la tasa social de descuento (12% en el caso de México) y representa el costo de oportunidad de los recursos para la sociedad.

CAPÍTULO III EVALUACIÓN DE LA REUBICACIÓN DE UNA TERMINAL Y UN LIBRAMIENTO FERROVIARIO

En este capítulo se desarrollará la evaluación de un proyecto que propone la reubicación de una Terminal ferroviaria, junto con la construcción de un libramiento ferroviario. Los datos que aquí se presentan se han tomado de diversos estudios que el CEPEP ha analizado, con el fin de realizar un ejemplo lo más apegado a la realidad, sin embargo, por cuestiones de confidencialidad no se especifica la fuente exacta de los datos, sin dejar con ello, la explicación de cómo se deben estimar o donde encontrarlos.

A continuación, se desarrolla el estudio de evaluación siguiendo la metodología descrita en el capítulo II, y de acuerdo al proceso propuesto por el CEPEP en el documento “Metodología General para la Evaluación de Proyectos”, publicado en el año 2008.

3.1 Situación actual

En esta sección se presenta la estimación de la oferta, la demanda y la interacción entre éstas, del actual servicio ferroviario. Lo anterior, con el propósito de plantear la problemática que da origen al proyecto propuesto en este ejemplo.

3.1.1 Oferta actual de servicios ferroviarios

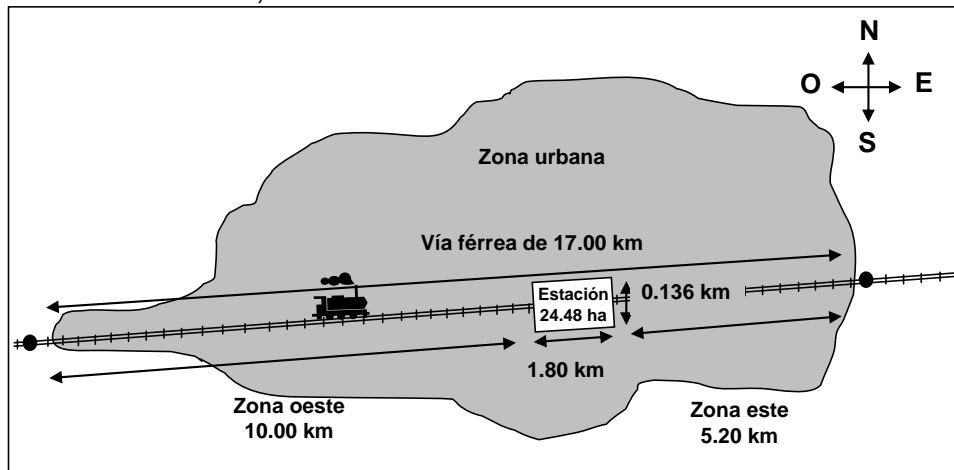
El sistema ferroviario en estudio, atraviesa la ciudad de “San Juan” en el sentido de oeste a este, y viceversa. Este sistema está compuesto por las vías que se utilizan para que el tren transite por la ciudad, por una Terminal utilizada para las maniobras de carga y descarga, y por las vías en el interior de la Terminal que sirven para el acomodo de los trenes. Esta vía férrea es recta y está construida sobre un terreno plano.

La longitud de las vías utilizadas para atravesar la ciudad es de 17 km, cuyos derechos de vía difieren por invasiones que se han realizado a lo largo del tiempo;

la zona este (medida a partir de la Terminal) con una longitud de 5.2 km tiene un derecho de vía de 20 m de cada lado más 5 m por las vías, mientras que la zona oeste (10 km de longitud), tiene un derecho de vía de 10 m por lado más 5 m por las vías (véase figura 3.1).

Adicionalmente, existen vías situadas dentro de la Terminal, las cuales tiene una longitud de 11.7 km y se utilizan para el acomodo de trenes. El calibre con el que están construidas es de 100 libras por yarda (lb/yd)¹, con durmientes de madera.

Figura 3.1 Infraestructura del sistema férreo de la ciudad de “San Juan”, 2010



Fuente: La elaboración de esta figura debe realizarse con la información que se recabe en el trabajo de campo.

La Terminal está situada en el centro de la ciudad entre el km 10 y el km 11.8, con una superficie de 24.48 hectáreas (ha) (1,800 metros (m) de largo y 136 m de ancho). Sus principales funciones son la recepción, clasificación, la carga y descarga, así como la formación de trenes. La operación más frecuente es la recepción de los ferrocarriles con carga proveniente de diversos destinos, ésta se clasifica y se ordena de acuerdo a su siguiente destino. Por último, se realiza una consolidación de los trenes para asignarles los horarios de salida que tendrán.

Cabe señalar, que dentro de la Terminal existe una construcción de 3,400 metros cuadrados (m²) y una superficie de 4,500 m², la cual se encuentra protegida por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) por su interés arquitectónico.

¹ 1 lb= 0.4536 kg y 1 yd= 91 centímetros (cm).

3.1.2 Demanda actual de servicios ferroviarios

La infraestructura ferroviaria está concesionada a una empresa privada, la cual sólo ofrece el servicio para transporte de carga y no de pasajeros. Los principales tipos de carga que se transportan son: contenedores, granel agrícola y mineral, productos derivados del petróleo, cemento, etc.

Al ser la oferta un sistema de vías férreas que permite, por medio de trenes, la carga y descarga de mercancías, la demanda por este sistema (servicio) está dada por el número de trenes que utilizan las vías férreas para su tránsito, por ello, la estimación de ésta se realiza con el conteo de trenes que circulan durante un periodo de tiempo, para este caso, se presentará el paso de los trenes de lunes a domingo, el cual se replicará para todas las semanas del año (véase cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Horario y número de trenes que pasan diariamente, situación actual 2010

Horario de paso del tren	Lunes a viernes	Sábado y domingo
00:00-05:00		
05:00-06:00	1	1
06:00-07:00		
07:00-08:00	1	1
08:00-09:00	1	1
09:00-10:00	1	
10:00-11:00		
11:00-12:00		
12:00-13:00	1	1
13:00-14:00		
14:00-15:00		
15:00-16:00	1	
16:00-17:00		
17:00-18:00		
18:00-19:00	1	1
19:00-20:00	1	
20:00-21:00		
21:00-22:00	1	
22:00-24:00		
Total de trenes por día	9	5

Fuente: El CEPEP recomienda que esta información se recabe en trabajo de campo y que se compare con las bitácoras de entrada y salida de la(s) empresa(s) que operan el sistema.

Como se observa en el cuadro 3.1, el número de trenes diarios que pasan de lunes a viernes es de 9, mientras que el fin de semana es de 5. Asimismo, en trabajo de campo se constató que la longitud promedio de cada tren que cruza la ciudad de “San Juan” es de 1.5 km, el cual está compuesto por 2 locomotoras y 67 vagones. El peso vacío promedio de estos trenes es de 8,260.83 toneladas (ton).

3.1.3 Interacción oferta–demanda (diagnóstico de la situación actual)

Al ser la finalidad de esta sección, la determinación de la problemática u oportunidad de negocio existente en la situación actual, a continuación se elabora un diagnóstico de ésta, utilizando la información presentada en las secciones 3.1.1 y 3.1.2.

Al interactuar la oferta y la demanda, es decir, al circular los trenes por el sistema de vías férreas, se generan costos de operación y mantenimiento (COM) de los trenes, costos de mantenimiento de las vías (CM) y otros efectos (OE), que deben ser estimados de acuerdo a la metodología de evaluación descrita en este documento. Asimismo, se calculará el valor del terreno e instalaciones de la actual Terminal.

- **Costos de operación y mantenimiento (COM) de los trenes**

Para calcular los COM de los trenes, es necesario estimar la velocidad promedio de circulación sobre el trayecto en estudio. En este caso, la distancia de recorrido es de 15.2 km, la cual corresponde a la longitud de las vías que se encuentran fuera de la Terminal². De acuerdo a esta distancia y considerando la desaceleración de los trenes al entrar a la terminal y su arranque al salir de ella, la velocidad promedio que se estima es de 15 km/hr³.

² La estimación de la distancia relevante para calcular la velocidad promedio, no incluye el largo de la Terminal (1.8 km), debido a que por razones metodológicas no sería necesario contabilizarlas, ya que los trenes al entrar a la Terminal permanecen estacionados en ésta, por lo que si se considerara no se podría estimar la velocidad de tránsito.

³ La estimación de esta velocidad se recomienda realizarla en trabajo de campo, donde se consideren muestras de los distintos trenes que circulan por las vías, en los diferentes horarios de congestión.

Con base en esta velocidad y a la información que proporcione la empresa operadora del sistema ferroviario, se pueden estimar los COM; para este caso, se utilizará el costo actualizado a 2010 de 0.145 pesos por km-ton estimado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en la publicación técnica No. 222 “Modelo de asignación intermodal multiproducto para las operaciones de carga por autotransporte y ferrocarril, 2002”. En el cuadro 3.2, se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 3.2 COM anual de los trenes, situación actual 2010 (pesos de 2010)

Velocidad promedio (km/hora)	Distancia recorrida (km)	Peso del tren (ton)	COM (ton-km)	COM por tren	COM diario lunes a viernes	COM diario sábado y domingo	COM anual (miles de pesos)
15.00	15.20	8,260.83	0.145	18,206.87	163,861.83	91,034.35	52,071.65

Fuente: Elaboración propia con información de la operadora ferroviaria y del IMT.

Como se puede observar en el cuadro 3.2, para estimar el COM anual, se considero una distancia de 15.2 km, el peso del tren de 8,260.83 ton, el COM por ton-km de 0.145 pesos y el número de trenes que circulan respecto al periodo de tiempo considerado. Por ejemplo, para un día entre semana se obtiene un costo de 163,861.83 pesos, el cuál resulta de multiplicar $15.2 * 8,260.83 * 0.145 * 9$. Una vez calculado el costo diario de cada periodo considerado, se multiplicó por el número de días que compone cada periodo y por las 52 semanas que componen el año. Con lo anterior se obtiene un COM anual de 52,071.65 miles de pesos ($163,861.83 * 5 * 52 + 91,034.35 * 2 * 52 = 52,071,648$).

- **Costos de mantenimiento (CM) de las vías**

La conservación de los rieles, durmientes y la nivelación de las vías para conservar en óptimas condiciones el funcionamiento del sistema ferroviario, implica la erogación de recursos, que en este caso, se han clasificado como costos de mantenimiento (CM).

De acuerdo a los estudios que ha revisado el CEPEP, los CM se realizan cada 3 años y el costo promedio de cada erogación asciende a 132.6 miles pesos por km para vías con las características descritas en la sección 3.1.1. Para este estudio se considerará este promedio y una longitud de vías por mantener de 26.9 km (se incluyen tanto las vías fuera de la Terminal (15.2 km) como las que se encuentran en su interior (11.7 km)).

Se recomienda anualizar estos costos, por medio de la fórmula del Costo Anual Equivalente (CAE), debido a que en análisis posteriores a esta sección, se realizará un comparativo entre estos costos y los que podría tener la propuesta de proyecto.

Por lo anterior, en el cuadro 3.3 se muestra el cálculo del CAE para el CM de acuerdo a la siguiente fórmula⁴:

$$CAE = \frac{VPC}{\frac{1}{r} - \left(\frac{1}{r * (1+r)^n} \right)}$$

Cuadro 3.3 CM anual de los 26.9 km de vías, situación actual 2010 (miles de pesos de 2010)

Componente	CM por km de vías	CM por 26.90 km de vías	Frecuencia de mantenimiento (años)	VPC ^{1/}	CAE del CM de vías ^{2/}
Rieles, durmientes y nivelación	132.6	3,566.94	3	2,538.88	1,057.06

^{1/} El VPC se calcula a partir de la tasa social de descuento manejada en México, la cual asciende al 12%.

^{2/} CAE = (3,566.94/1.12³)*0.12/(1-1/1.12³)=1,057.06.

Fuente: Elaboración propia con información de la operadora ferroviaria.

Como se observa en el cuadro 3.3, el costo anual para mantener en óptimas condiciones el sistema ferroviario de 26.9 km asciende a 1,057.06 miles de pesos.

⁴ Donde "VPC" representa el valor presente de todos los costos, "n" son los años de vida útil de la alternativa evaluada y "r" es la tasa social de descuento (para México se utiliza la tasa del 12%).

- **Valor inmobiliario de los predios de la Terminal y del derecho de vía**

De acuerdo a la metodología que se presenta en este documento, es necesario estimar el valor de los predios que ocupa la Terminal ferroviaria, así como el valor del derecho de vía. Para realizar la valuación de estos predios, se utilizan precios de mercado (sin IVA) de terrenos con características similares a los analizados en este estudio, es decir, que haya una semejanza en ubicación, uso de suelo, con o sin servicio de alcantarillado, agua potable, electricidad, vialidades, etc.

Para lo anterior, se recomienda consultar los avalúos publicados por la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF)⁵ y/o agencias inmobiliarias reconocidas a nivel nacional que puedan proporcionar los precios de terrenos aledaños a la Terminal y vías ferroviarias en estudio. En el cuadro 3.4, se muestran los precios por metro cuadrado (m²), así como el valor de los terrenos que se considerarán para este análisis.

Cuadro 3.4 Valor de los terrenos en estudio, situación actual 2010 (pesos de 2010)

Concepto		m ²	Precio por m ² de los predios aledaños	Precio de los predios a liberar por m ²	Valor de los predios a liberar (miles de pesos)
Terminal	Construcción	3,400	5,000	5,000	17,000
	Terreno del monumento histórico	4,500	3,000	3,000	13,500
	Terreno en breña de la Terminal	240,300	2,600	1,300	312,390
Derecho de vía zona oeste (10m de cada lado) + vías (5m)		250,000	1,100	880	220,000
Derecho de vía zona este (20m de cada lado) + vías (5m)		234,000	950	760	177,840
Total					740,730

Fuente: La información contenida en este cuadro debe ser recabada en el trabajo de campo, con ayuda de agencias inmobiliarias reconocidas a nivel nacional.

Debido a sus características, La valoración de los terrenos se ha dividido en tres partes. La primera es el predio que ocupa la Terminal ferroviaria el cual tiene una

⁵ <http://nuevoportal.shf.gob.mx/estadisticas/EstadVivInformaAvaluos/Paginas/default.aspx>

superficie total de 244,800 m², de los cuales 4,500 m² los ocupa una construcción considerada por el INAH como monumento histórico y el resto (240,300 m²) son terrenos en breña utilizados como patios de la Terminal. La segunda parte es el derecho de vía del lado oeste de la Terminal, el cual tiene un ancho de 12.5 m por lado, en un largo de vía de 10.0 km. La tercera parte es el derecho de vía del lado este de la Terminal, el cual tiene un ancho de 22.5 m por lado, en un largo de vía de 5.2 km.

La valoración del predio de la Terminal se determina a partir de los siguientes criterios: el terreno ocupado por el monumento histórico se valorará con un precio semejante a los terrenos aledaños a la Terminal, asimismo, se incluye el valor de la construcción, la cual se valora con el precio por m² de construcciones con características similares. En cuanto a los terrenos en breña, los cuales en general, se encuentran contaminados por derrames de combustibles (diesel y aceite) y frecuentemente, no cuentan con servicios básicos, se considerará el 50% del precio que tengan los terrenos aledaños, debido a las características mencionadas.

Para el caso de los terrenos que ocupa el derecho de vía, se valorará con el 80% del precio por m² de los terrenos aledaños, dado que existen costos de urbanización (nivelar, conexión de servicios básicos, etc) que deben descontarse para hacer semejantes los terrenos.

- **Efectos en los costos de viaje por el paso del tren**

Los efectos provocados por la circulación de trenes a través de zonas urbanas, se identifican como:

- a) Tiempo de espera en el que incurren conductores y pasajeros⁶ al permanecer detenidos al cruce del tren.

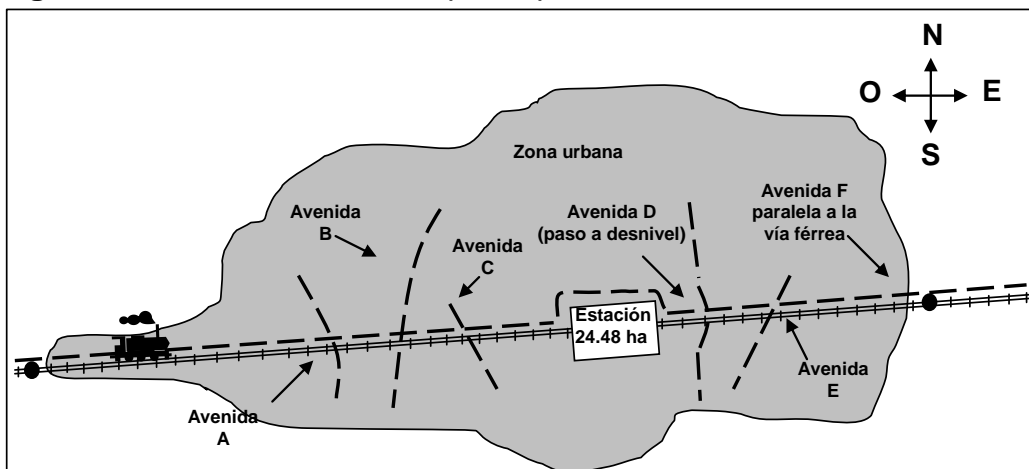
⁶ En este ejemplo se utilizará el termino pasajeros, el cual incluye tanto a los conductores y los pasajeros que viajan en los vehículos en análisis

- b) Aumento para los vehículos de sus costos de operación, por detenerse al paso del tren.

Para calcular estos efectos, es necesario estimar el número de vehículos y de personas que se ven afectados al cruce del tren, para ello, se identifican las avenidas que intersectan con el ferrocarril, el número de vehículos que circulan por éstas, el tiempo que tarda el tren en pasar, así como los horarios de congestión que tienen cada una de ellas.

De acuerdo a lo mencionado, en la figura 3.2 se presenta un mapa en donde se identifican las avenidas que se localizan en la zona en estudio, de las cuales las avenidas A, B, C y E se ven afectadas por tener cruces a nivel, mientras que las avenidas D y F, no son afectadas debido a que la primera cuenta con un paso a desnivel, y la segunda es paralela a la vía del tren.

Figura 3.2 Avenidas afectadas por el paso del tren, situación actual 2010



Fuente: Elaboración propia con información que debe ser conseguida durante la visita de campo.

Además de identificar las avenidas afectadas, a continuación, en el cuadro 3.5, se muestran sus características, tales como: la orientación (NS: Norte-Sur, SN: Sur-Norte, EO: Este-Oeste y OE: Oeste-Este), el número total de carriles, tipo de cruce (semaforizado o no), el estado del revestimiento medido con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Cuadro 3.5 Características de las avenidas afectadas por el paso del tren, situación actual 2010

Avenida	Orientación	Carriles	Tipo de cruce ^{1/}	IRI
A	NS SN	4	Semaforizado	4.0
B	NS SN	4	Semaforizado	3.5
C	NS SN	4	Semaforizado	3.5
E	NS SN	4	Semaforizado	4.0

^{1/} El tiempo de cada luz (verde o roja) es de 2 minutos para cualquier avenida y sentido de circulación.

Fuente: Esta información debe ser conseguida por medio de trabajo de campo.

Además de la información presentada, es muy importante realizar un trabajo de campo en donde se determine el Tránsito Promedio por Hora (TPH), de cada avenida, segmentado por horario de congestión. Para este ejemplo, por simplicidad se utilizarán dos subdivisiones del horario de congestión, Alta (AC) y Baja (BC), sin embargo, es recomendable que en la práctica se hagan por lo menos tres subdivisiones⁷. En el cuadro 3.6, se presenta el TPH por horario de congestión por avenida en estudio, y en el cuadro 3.7, se muestra a qué horas del día se presenta cada horario de congestión.

Cuadro 3.6 TPH por horario de congestión y por avenida (vehículos), situación actual 2010

Avenida	TPH en BC	TPH en AC
A	198	720
B	169	617
C	207	754
E	101	369

Fuente: Esta información debe ser obtenida en trabajo de campo.

Los tipos de vehículos que circulan por estas avenidas son automóviles, transporte de carga y transporte público, y su composición vehicular respecto al tránsito promedio es de 89%, 6% y 5%, respectivamente. .

⁷ En este ejemplo, solo se definen 2 niveles de congestión por simplificación. En general, se usan 3 niveles de congestión (alta, media y baja congestión). De la misma manera, se supone que todas las avenidas presentan el mismo horario de congestión, sin embargo, este horario podría variar según las avenidas y el sentido de circulación.

Cuadro 3.7 Horario de congestión de las avenidas afectadas por el paso del tren, situación actual 2010

Horas del día	Lunes a Viernes	Sábado y Domingo
00:00-07:00	BC	BC
07:00-10:00	AC	
10:00-14:00	BC	
14:00-16:00	AC	
16:00-18:00	BC	
18:00-20:00	AC	
20:00-24:00	BC	
Número de horas de AC	7	
Número de horas de BC	17	24

Fuente: Elaboración propia con información conseguida durante la visita de campo.

Del cuadro 3.7, se determina que de lunes a viernes, 6 de los 9 trenes que circulan, cruzan la ciudad en horas de alta congestión (los 3 restantes en BC), y el fin de semana, los 5 trenes pasan en horas de baja congestión (ver cuadro 3.1 para realizar el comparativo). En total, se tendría que cada semana pasan 30 trenes en horario de AC y 25 trenes en horario de BC.

Con la anterior información es posible estimar el costo por tiempo de espera y el costo de operación de los vehículos, sin embargo, para calcular los costos netos se necesita realizar el diferencial entre la situación cuando pasa el tren y cuando éste no lo hace. A continuación, se presenta una breve explicación de cada una de estas situaciones.

- **Situación con el paso del tren:** Se refiere al hecho de que el tren está pasando y provoca que durante el tiempo de su cruce, se detengan los vehículos provocando con ello, costos por tiempo de espera y costos de operación de los vehículos detenidos.
- **Situación sin el paso del tren:** Esta situación se refiere a que dado que no está pasando el tren, los vehículos respetan las señales de tránsito, que en este caso son los semáforos. Por ello, aún sin el paso del tren, los vehículos

se detienen por el hecho de que les toca luz roja y siguen su camino cuando les toca luz verde.

A continuación, se desarrolla cada una de las situaciones para que posteriormente se muestre el costo del paso del tren en la situación actual

Situación con el paso del tren

En la zona del proyecto se ha determinado que el tiempo promedio del paso del tren en cualquier cruce con las avenidas antes definidas, es de 8 minutos, en los cuales están incluidos 2 minutos por el tiempo en que avisa el tren antes de pasar por el cruce y el tiempo en que se vuelve a reestablecer las señales de tránsito una vez que pasó el tren. Con esta información y con el TPH presentado en el cuadro 3.6, es posible estimar el número de vehículos que se detienen semanalmente debido al paso del tren. Cabe señalar, que a la semana pasan 30 trenes en un horario de AC y 25 en un horario de BC. (véase cuadro 3.8).

Cuadro 3.8 Vehículos detenidos semanalmente por el paso del tren, 2010

Avenida	Tiempo de paso del tren (minutos) ^{1/}	Vehículos detenidos semanalmente por el paso del tren					
		Automóviles		Transporte de carga		Transporte público	
		BC	AC	BC	AC	BC	AC
A	8.00	587	2,563	40	173	33	144
B	8.00	501	2,197	34	148	28	123
C	8.00	614	2,684	41	181	35	151
E	8.00	300	1,314	20	89	17	74
Total		2,002	8,758	135	591	113	492

^{1/}Para el tiempo del paso del tren, además de la velocidad de 15 km/hr y un largo del tren de 1.5 km, se considera un margen de "seguridad" entre lo que el tren avisa su paso y los vehículos se empiezan a detener y cuando comienzan a avanzar. Este margen se supone de 2 min.

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Para calcular los resultados del cuadro 3.8, se consideraron los 8 minutos que tarda el tren en pasar, el TPH por avenida (ver cuadro 3.6) y el número de trenes que pasan semanalmente por horario de congestión. Por ejemplo, para la avenida A en un horario de BC, se tienen 198 vehículos por hora de los cuales el 89% son

automóviles, por ello, ante un tiempo de 8 min y 25 trenes que pasan semanalmente, se tendrían 587 automóviles detenidos $((198*8)/60)*89\%*25=587$.

Con el número de vehículos detenidos, se puede estimar la cantidad de pasajeros afectados por el paso del tren. Para este ejemplo, se consideró que en promedio los automóviles y el transporte de carga llevan 1.8 personas para cualquier horario de congestión, mientras que el transporte público traslada 50 personas en AC y 25 personas en BC. Los resultados se muestran en el cuadro 3.9.

Cuadro 3.9 Pasajeros afectados semanalmente por el paso del tren ,2010

Avenida	Pasajeros detenidos semanalmente por el paso del tren					
	Automóviles		Transporte de carga		Transporte público	
	BC	AC	BC	AC	BC	AC
A	1,057	4,613	72	311	825	7,200
B	902	3,955	61	266	700	6,150
C	1,105	4,831	74	326	875	7,550
E	540	2,365	36	160	425	3,700
Total	3,604	15,764	243	1,063	2,825	24,600

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Para calcular los costos de espera y los costos de operación de los vehículos es necesario, para el primero, estimar el tiempo de espera promedio y el valor del tiempo de los pasajeros; para el segundo, se debe calcular el costo de operación por vehículo, el cual debe incluir el costo de detener el vehículo, mantenerlo encendido y de arranque.

Para el tiempo de espera se considera que en promedio los pasajeros se detienen 4 minutos, es decir, la mitad del tiempo total del paso del tren. Lo anterior se basa en el supuesto de que los vehículos llegan uniformemente al cruce con el tren, por lo que los primeros tendrán un mayor tiempo de espera que los últimos. Es así que el mejor estimador para el tiempo promedio de espera es la media del tiempo del cruce del tren.

En cuanto el valor del tiempo por hora de los pasajeros con automóvil, transporte de carga y transporte público, se utilizará el estimado por el Instituto Mexicano del

Transporte⁸. Dicho valor es de \$22.25 por hora para el 2006, por lo que se realizó una actualización al año 2010 por medio del salario mínimo, resultando que el valor del tiempo por hora es de \$26.37⁹.

Los costos operacionales (CO) de automóviles, transporte de carga y transporte público son de \$1.74, \$4.35 y \$2.18, respectivamente.¹⁰ Estos costos corresponden al costo de detener el vehículo, mantenerlo encendido por 4 minutos y de arrancarlo una vez que cruza el tren; su estimación se hizo por medio de una recopilación de datos de diferentes estudios de evaluación revisados por el CEPEP. Cabe señalar, que el uso del programa computacional VOC-MEX no es efectivo para este caso, debido a que con velocidades “bajas”, la estimación de los CO se sobrestiman considerablemente.

Con la anterior información, en los cuadros 3.10 y 3.11 se presentan los resultados para la estimación de los costos anuales por tiempo de espera de pasajeros y de los costos de operación total anual de los vehículos detenidos.

Cuadro 3.10 Costo anual por tiempo de espera de los pasajeros, situación con el paso del tren, 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Tiempo promedio de espera (minutos)	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
		Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera
A	4	294.84	26.37	518.33	19.92	26.37	35.01	417.30	26.37	733.61
B		252.56		444.01	17.00		29.89	356.20		626.20
C		308.67		542.65	20.80		36.57	438.10		770.18
E		151.06		265.56	10.19		17.92	214.50		377.09
Total		1,007.14		1,770.55	67.91		119.39	1,426.10		2,507.08

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

⁸ El documento consultado es el titulado “propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México: el caso del transporte de pasajeros”, publicado por el IMT en el año 2006.

⁹ Para la actualización del valor del tiempo, se utilizó el mismo procedimiento empleado por el IMT, el cual consiste en una “regla de tres”. Por lo cual, si se tiene que para el año 2006, el valor del tiempo fue de \$22.25 y el salario mínimo general promedio (SMGP) de \$47.05, y que para el año 2010, el SMGP es de 55.77, entonces el valor del tiempo por hora se estima en \$26.37 ($(55.77 \times 22.25) / 47.05 = 26.37$)

¹⁰ Estos costos fueron tomados de estudios revisados por el CEPEP, sin embargo, se recomienda realizar un trabajo de campo en empresas automotrices para determinar los costos que tendrían los diferentes tipos de vehículos al detenerse, permanecer encendidos y reiniciar su circulación.

Cuadro 3.11 Costos de operación anual por tipo de vehículo, situación con el paso del tren, 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual
A	163.80	1.74	285.01	11.08	4.35	48.18	9.20	2.18	20.06
B	140.30		244.12	9.46		41.17	7.85		17.12
C	171.50		298.40	11.54		50.22	9.67		21.08
E	83.93		146.03	5.67		24.66	4.73		10.32
Total	559.52		973.56	37.75		164.22	31.46		68.58

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Los resultados de los cuadros 3.10 y 3.11, se calcularon de la siguiente manera:

- Para calcular el costo anual de espera por tipo de vehículo, se consideró el número de personas afectadas, el tiempo de espera promedio de cada una de ellas y el costo de su tiempo (valor del tiempo). Para anualizar la cantidad de pasajeros, se consideró que el año tiene 52 semanas. Por ejemplo, para la avenida E con el tipo de vehículo de automóviles, se tiene que al año se ven afectadas 151.06 miles de personas, las cuales incurren en un tiempo promedio de espera de 4 min, con un valor de su tiempo de \$26.37 por hora, lo que representaría un costo anual de espera por paso del tren de 265.56 miles de pesos ($151.06 \cdot (4/60) \cdot 26.37 = 265.56$).
- Los CO anuales para cada tipo de vehículo se estimaron a partir de la información presentada en el cuadro 3.8 referente al número de vehículos afectados. Asimismo, se consideró el costo operacional de estos por detenerse por el paso del tren. Para anualizar los resultados se consideran 52 semanas al año. Por ejemplo, para el transporte de carga en la avenida C, se tienen anualmente 11.54 miles de vehículos (del cuadro 3.8 se puede determinar que: $(41+181) \cdot 52 = 11,544$), por lo que el CO anual asciende a 50.22 miles de pesos ($11.54 \cdot 4.35 = 50.22$).

En resumen, los costos anuales totales por tiempo de espera y de operación vehicular para situación cuando pasa el tren ascienden a 4,553.46 ($1,770.55 + 119.39 + 2,507.08 = 4,397.02$) y 1,206.37 ($973.56 + 164.22 + 68.58 = 1,206.37$) miles de pesos, respectivamente. Estos costos se calcularon a partir de la suma de

los costos anuales por avenida, presentados en los cuadros 3.10 y 3.11. Cabe señalar, que adicionalmente se deben descontar los costos que se generan por la detención de los vehículos cuando el semáforo está en luz roja y no pasa el tren. Lo anterior es con el fin de no sobrestimar los costos que realmente provoca el tren a su paso por la ciudad.

Situación sin el paso del tren

Aún sin el paso del tren, algunos vehículos se tendrán que detener, es decir, aquellos vehículos que con una probabilidad de 0.5 les toque la luz roja, deberán detenerse. A partir de aquí, al igual que en la anterior situación, se deben calcular los costos por tiempo de espera de los pasajeros y los costos por operación vehicular.

Para estimar el tiempo de espera de los pasajeros se considera el tiempo que tarda la luz roja, es decir, 2 minutos, de los cuales en promedio se deberían esperar 1 minuto. Para completar la situación, también debe considerarse la situación cuando toca la luz verde, siendo en ésta que los vehículos no se detengan, por lo que el tiempo de espera es cero. A continuación, se plantea la ecuación con la que se determinó el tiempo de espera total, considerando la probabilidad de que a un vehículo le toque verde o rojo:

Tiempo promedio de espera= $0.5*1.0+0.5*0.0 = 0.5$ minutos

Por lo tanto, el costo por tiempo de espera para esta situación está dado por el número de pasajeros detenidos cuando la luz es roja, es decir, la mitad de los pasajeros estimados en el cuadro 3.10, esto se multiplica por el tiempo promedio estimado de 0.5 minutos (véase cuadro 3.12).

Cuadro 3.12 Costo anual por tiempo de espera de los pasajeros, situación sin el paso del tren 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Tiempo promedio de espera (minutos)	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
		Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera
A	0.5	147.42	26.37	32.40	9.97	26.37	2.19	208.65	26.37	45.85
B		126.27		27.75	8.52		1.87	178.10		39.14
C		154.35		33.92	10.39		2.28	219.05		48.14
E		75.54		16.60	5.10		1.12	107.25		23.57
Total		503.57		110.66	33.98		7.47	713.05		156.69

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Para el costo de operación vehicular, se consideró que el número relevante de vehículos detenidos es aquel que se determina a partir de los vehículos que se detienen cuando la luz es roja, es decir, la mitad de los vehículos estimados en el cuadro 3.11. Se considera la mitad debido a que cada luz dura 2 minutos, por lo que en un intervalo de 8 minutos, 4 de ellos son en luz roja. En cuanto al costo de operación, éste se reduce debido a que en promedio los vehículos permanecen detenidos 1 minuto, comparado con los 4 minutos que esperan en la situación cuando pasa el tren (véase cuadro 3.13).

Cuadro 3.13 Costos de operación anual por tipo de vehículo, situación sin el paso del tren, 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual
A	81.90	0.87	71.25	5.54	2.18	12.05	4.60	1.09	5.02
B	70.15		61.03	4.73		10.29	3.93		4.28
C	85.75		74.60	5.77		12.55	4.84		5.27
E	41.96		36.51	2.83		6.16	2.37		2.58
Total	279.76		243.39	18.88		41.06	15.73		17.15

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

En resumen, los costos anuales totales por tiempo de espera y de operación vehicular para situación sin el paso del tren ascienden a 274.82 y 301.59 miles de pesos, respectivamente. Estos costos se calcularon a partir de la suma de los costos anuales por avenida, presentados en los cuadros 3.12 y 3.13.

Finalmente, en el cuadro 3.14 se presenta el costo anual efectivo por el paso del tren, el cual se determina a partir del diferencial entre los costos anuales totales por tiempo de espera y costos de operación vehicular, de las situaciones con el paso del tren y sin el paso de éste.

Cuadro 3.14 Costo anual efectivo por el paso del tren, situación actual 2010 (miles de pesos 2010)

Situación	Costo anual total por tiempo de espera	Costo anual total por operación vehicular	Costo anual efectivo por el paso del tren
Con el paso del tren	4,397.02	1,206.36	5,603.38
Sin el paso del tren	274.82	301.59	576.41
Diferencial	4,122.20	904.77	5,026.97

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Adicionalmente a los costos provocados por el paso del tren, su operación y su infraestructura provoca otros efectos a la sociedad: detenciones del flujo vehicular por la presencia de las vías férreas y accidentes por el paso del tren. Sin embargo, sus costos no serán calculados debido a que con medidas administrativas o de “bajo” costo pueden ser resueltas (optimizaciones¹¹).

- **Detenciones del flujo vehicular por presencia de las vías férreas**

En algunas ocasiones, al nivel de los cruces de las avenidas con la vía ferroviaria se presentan topes que obligan a los vehículos a desacelerar y/o detenerse, aunque el tren no esté pasando. Sin embargo, esta situación se puede optimizar con inversiones menores que permiten suprimir esos topes y una nivelación que permita el cruce fluido de los vehículos.

¹¹ Para encontrar el significado de optimizaciones, se recomienda consultar el documento publicado por el CEPEP “Metodología General para la Evaluación de Proyectos” publicada en el año 2008, en el sitio de Internet www.cepep.gob.mx.

- **Accidentes viales por paso del tren**

Los accidentes viales debidos al paso del tren por el centro de la ciudad es otro efecto que se podría evitar con una señalización adecuada, como barreras “cortinas” o guardias.

- **Externalidades por el paso del tren**

De acuerdo con la definición de externalidades en evaluación social de proyectos, éstas son todos aquellas impactos, negativos o positivos al medio ambiente, que se generen debido a la operación o construcción de cierta actividad u obra. Para este caso, se consideran las siguientes externalidades a causa del paso del tren:

- **Predios colindantes**

El paso del tren puede causar molestias (externalidad negativa) a los habitantes de los predios aledaños a las vías, ya que se genera ruido por la fricción entre las ruedas y las vías, así como por el sonido de aviso al cruce con avenidas.

En el mejor de los casos, lo más conveniente para cualquier estudio, es la estimación de cada una de las externalidades, sin embargo, en la práctica se ha encontrado que es complicado y subjetivo determinarlo, por lo que se considerará que estos efectos son de difícil cuantificación, quedando con ello como intangibles.

- **Emisión de contaminantes**

El paso del tren provoca que los vehículos tengan que permanecer encendidos por un mayor tiempo, por lo que se concluye que existe un incremento en la emisión de contaminantes que podrían afectar la salud de la población. De ahí, que exista una externalidad negativa que debe ser cuantificada, sin embargo, esta situación puede ser optimizada por medio de pantallas que avisen a los vehículos detenidos el tiempo restante que tardará el tren en pasar, con ello se espera que los conductores apaguen los motores de sus vehículos, si consideran que es más costoso que si los

mantienen encendidos¹². Cabe señalar, que generalmente un libramiento provoca que los trenes recorran una mayor distancia, lo cual ocasiona que se generen más emisiones.

Al igual que las externalidades detectadas en el punto “Predios colindantes”, este efecto se considerará como intangible, dada la complejidad de determinar el costo por emisiones contaminantes que tiene para la sociedad.

3.1.4 Optimizaciones

Las optimizaciones que se proponen son la instalación barreras “cortinas” para evitar los accidentes viales. Como consecuencia, se espera que el tren pueda incrementar su velocidad sin riesgo.

Adicionalmente, se propone anunciar, al nivel de los cruces, el tiempo que tardará el tren en pasar. Esto permitiría a los conductores saber si es conveniente apagar o no su motor, para así minimizar sus costos de operación. Se considera, que por un tiempo de espera de más de un minuto, el costo de apagar su motor y reencenderlo es menor que el de dejarlo prendido.

El propósito de las optimizaciones es la no asignación de beneficios o costos que no le corresponde al proyecto, por lo que a continuación se recalcularán los COM, el costo de espera de las personas y el CO de los vehículos, considerando que debido las optimizaciones, los trenes podrían incrementar su velocidad promedio de circulación a 20.00 km/hora. Para el caso de los CM y el valor de los terrenos en la situación actual, se considerará que estos no tienen variación alguna para la situación sin proyecto; lo anterior se debe a que el aumento de la velocidad en los trenes no incide en los costos de mantenimiento de las vías y tampoco en la valuación de los terrenos donde se encuentra el derecho de vía y la Terminal.

¹² De acuerdo con información proporcionada por la industria automotriz, es recomendable apagar el motor si el vehículo permanece detenido por más de un minuto.

Otra optimización sería analizar la posibilidad de reducir el tamaño de la Terminal, con el fin de maximizar el uso de su superficie, siempre y cuando se mantenga el buen funcionamiento del transporte ferroviario. Sin embargo, para fines de este ejemplo, no se considerará esta optimización.

3.2 Situación sin proyecto

Debido a que con las optimizaciones, la velocidad promedio del tren pasa de 15.00 km/hora a 20.00 km/hora, el COM de los trenes se reduce por cuestiones de eficiencia en el uso de combustible, es decir, en vez de tener un costo de 0.145 pesos por ton-km, ahora los trenes operarían con un costo de 0.140 pesos. En el cuadro 3.15, se presenta el COM para la situación sin proyecto.

Cuadro 3.15 COM de los trenes, situación sin proyecto 2010 (pesos de 2010)

Velocidad promedio (km/hora)	Distancia recorrida (km)	Peso del tren (ton)	COM (ton-km)	COM por tren	COM diario lunes a viernes	COM diario sábado y domingo	COM anual (miles de pesos)
20.00	15.20	8,260.83	0.140	17,579.05	158,211.45	87,895.25	50,276.08

Fuente: Elaboración propia con base en los cambios generados por la implementación de optimizaciones a la situación actual.

Asimismo, debido al aumento de la velocidad y por consiguiente a la reducción del tiempo en que tarda el tren en pasar por cruce, la cantidad de vehículos y personas afectadas se vería disminuida tanto en la situación con el paso del tren como en la situación sin el paso de éste. A continuación se desarrollarán cada una de las situaciones mencionadas, incluyendo en ellas las modificaciones pertinentes por el cambio de velocidad de los trenes.

Situación con el paso del tren

Utilizando la misma metodología que en la sección 3.1.3, en el apartado *Efectos en los costos de viaje por el paso del tren*, se estimaron los vehículos detenidos y pasajeros afectados semanalmente por el paso del tren, sin embargo, para esta caso se considera que el tiempo de paso del tren disminuye a 6.50 minutos, lo cual

está justificado por el aumento de la velocidad del tren por la implementación de las optimizaciones (véase cuadros 3.16 y 3.17).

Cuadro 3.16 Vehículos detenidos semanalmente por el paso del tren, 2010

Avenida	Tiempo de paso del tren (minutos) ^{1/}	Vehículos detenidos semanalmente por el paso del tren					
		Automóviles		Transporte de carga		Transporte público	
		BC	AC	BC	AC	BC	AC
A	6.50	477	2,083	32	140	27	117
B	6.50	407	1,785	27	120	23	100
C	6.50	499	2,181	34	147	28	123
E	6.50	243	1,067	16	72	14	60
Total		1,626	7,116	109	479	92	400

^{1/} Para el tiempo del paso del tren, además de la velocidad de 20 km/hr y un largo del tren de 1.5 km, se considera un margen de "seguridad" entre lo que el tren avisa su paso y los vehículos se empiezan a detener y cuando comienzan a avanzar. Este margen se supone de 2 min.

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Cuadro 3.17 Pasajeros afectados semanalmente por el paso del tren, 2010

Avenida	Pasajeros detenidos semanalmente por el paso del tren					
	Automóviles		Transporte de carga		Transporte público	
	BC	AC	BC	AC	BC	AC
A	859	3,749	58	252	675	5,850
B	733	3,213	49	216	575	5,000
C	898	3,926	61	265	700	6,150
E	437	1,921	29	130	350	3,000
Total	2,927	12,809	197	863	2,300	20,000

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

De igual manera, se estimaron el costo anual de tiempo de espera de los pasajeros y el costo de operación de los vehículos detenidos, considerando para el primer costo, el número de pasajeros afectados al año y el valor de su tiempo. Para el segundo, se utilizó el número de vehículos detenidos y el costo por detenerse presentado en el cuadro 3.13¹³ (véase cuadros 3.18 y 3.19).

¹³ Se consideró el mismo costo debido a que con la optimización los vehículos no permanecerán encendidos por más de un minuto, con lo que esta situación es semejante a la descrita en la situación actual, sin el paso del tren.

Cuadro 3.18 Costo anual por tiempo de espera de los pasajeros, situación con el paso del tren, 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Tiempo promedio de espera (minutos)	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
		Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera
A	3.25	239.62	26.37	342.26	16.12	26.37	23.03	339.30	26.37	484.65
B		205.19		293.09	13.78		19.68	289.90		414.09
C		250.85		358.31	16.95		24.21	356.20		508.79
E		122.62		175.14	8.27		11.81	174.20		248.82
Total		818.28		1,168.80	55.12		78.73	1,159.60		1,656.35

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Cuadro 3.19 Costos de operación anual por tipo de vehículo, situación con el paso del tren, 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año (miles)	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual
A	133.12	0.87	115.81	8.94	2.18	19.50	7.49	1.09	8.16
B	113.98		99.17	7.64		16.66	6.40		6.97
C	139.36		121.24	9.41		20.52	7.85		8.56
E	68.12		59.26	4.58		9.98	3.85		4.19
Total	454.58		395.48	30.57		66.66	25.59		27.88

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

En resumen, los costos anuales totales por tiempo de espera y de operación vehicular para situación sin el paso del tren ascienden a 2,903.87 y 490.03 miles de pesos, respectivamente. Estos costos se calcularon a partir de la suma de los costos anuales por avenida, presentados en los cuadros 3.18 y 3.19.

Situación sin el paso del tren

Para la situación sin el paso del tren, en la situación sin proyecto, se consideró el tiempo promedio de espera estimado en la sección anterior de 0.5 minutos. Con éste y con la estimación del número pasajeros detenidos al año, se determinó el costo anual por tiempo de espera (véase cuadro 3.20).

Cuadro 3.20 Costo anual por tiempo de espera de los pasajeros, situación sin el paso del tren 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Tiempo promedio de espera (minutos)	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
		Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera	Pasajeros detenidos al año (miles)	Valor del tiempo de los pasajeros por hora (pesos)	Costo anual de espera
A	0.5	119.81	26.37	26.33	8.05	26.37	1.77	169.65	26.37	37.28
B		102.59		22.54	6.88		1.51	144.95		31.85
C		125.42		27.56	8.47		1.86	178.10		39.14
E		61.31		13.47	4.12		0.91	87.10		19.14
Total		409.13		89.90	27.52		6.05	579.80		127.41

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

En el cuadro 3.21, se presenta el costo de operación anual de los vehículos detenidos debido a que les tocó luz roja. La estimación del número y costo de los vehículos, sigue la misma metodología que se ha utilizado.

Cuadro 3.21 Costos de operación anual por tipo de vehículo, situación sin el paso del tren, 2010 (miles de pesos de 2010)

Avenida	Automóviles			Transporte de carga			Transporte público		
	Vehículos detenidos al año	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual	Vehículos detenidos al año	Costo de operación por vehículo	Costo de operación anual
A	66.56	0.87	57.91	4.47	2.18	9.73	3.74	1.09	4.08
B	56.99		49.58	3.82		8.31	3.20		3.49
C	69.68		60.62	4.71		10.24	3.93		4.28
E	34.06		29.63	2.29		4.98	1.92		2.10
Total	227.29		197.74	15.29		33.26	12.79		13.95

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

En resumen, los costos anuales totales por tiempo de espera y de operación vehicular para situación sin el paso del tren ascienden a 223.36 y 244.94 miles de pesos, respectivamente. Estos costos se calcularon a partir de la suma de los costos anuales por avenida, presentados en los cuadros 3.20 y 3.21.

En el cuadro 3.22, se presenta el costo anual efectivo por el paso del tren, el cual se determina a partir del diferencial entre la suma de los costos anuales totales por tiempo de espera y costos de operación vehicular, de las situaciones con el paso del tren y sin el paso de éste.

Cuadro 3.22 Costo anual total por el paso del tren, situación sin proyecto 2010 (miles de pesos 2010)

Situación	Costo anual total por tiempo de espera	Costo anual total por operación vehicular	Costo anual total por el paso del tren
Con el paso del tren	2,903.87	754.56	3,658.43
Sin el paso del tren	223.36	244.94	468.30
Diferencial	2,680.51	509.62	3,190.13

Fuente: Elaboración con base en la información antes presentada.

Finalmente, se considerará un horizonte de evaluación de 30 años, en donde los dos primeros años son de inversión y los siguientes 28 años de operación. Para proyectar los costos determinados en esta sección se utilizarán dos tasas. Una determinará el crecimiento del flujo ferroviario, lo cual se traduce en el aumento del número de vagones jalados por locomotora, este crecimiento se considera de 1.50% anual, mientras que la segunda tasa determinará el crecimiento vehicular que para este ejemplo es del 2% anual. Estas tasas se deben estimar a partir del crecimiento histórico de los flujos vehicular y ferroviario, así como en el comportamiento proyectado de variables explicativas como Producto Interno Bruto, población de la zona, etc.

En el cuadro 3.23, se detallan los valores obtenidos para el COM de los trenes (que crecerá a la tasa de 1.50%) y para el costo de espera de las personas y CO vehicular (que aumentarán a la tasa compuesta de 3.53% $(1+1.50\%)*(1+2.00\%)-1=3.53\%$) entre 2010 y 2039. El valor de los terrenos a liberar y el costo de mantenimiento de las vías no cambian a lo largo del horizonte de evaluación.

Cuadro 3.23 Situación sin proyecto, 2010-2039 (miles de pesos de 2010)

Año	COM del tren	Costo anual total por tiempo de espera	Costo anual total por operación vehicular	Costo anual total por el paso del tren
2010	50,276.08	2,680.51	509.62	53,466.22
2012	51,795.68	2,873.10	546.24	55,215.01
2014	53,361.20	3,079.52	585.48	57,026.20
2017	55,798.65	3,417.28	649.70	59,865.64
2022	60,111.00	4,064.55	772.76	64,948.30
2027	64,756.62	4,834.41	919.12	70,510.15
2032	69,761.27	5,750.09	1,093.21	76,604.57
2037	75,152.70	6,839.20	1,300.28	83,292.18
2039	77,424.19	7,330.57	1,393.70	86,148.46

Fuente: Elaboración propia con información conseguida durante la visita de campo.

Una vez definida la situación sin proyecto, se proseguirá a determinar la situación con proyecto empezando con una descripción de los componentes del proyecto.

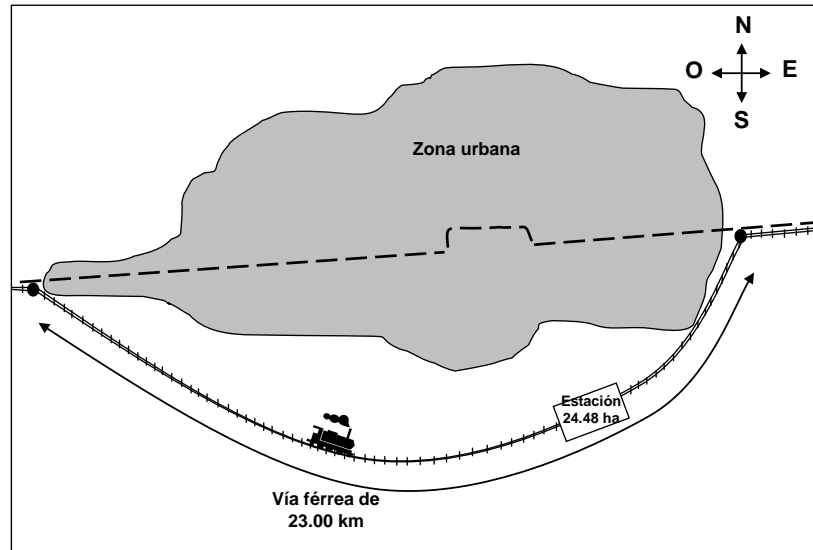
3.3 Situación con proyecto

3.3.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en reubicar la Terminal ferroviaria a las afueras de la ciudad, lo cual liberaría los terrenos que ocupa actualmente la Terminal, así como el derecho de vía en donde están situadas las vías. Adicionalmente, se propone remover las vías férreas tanto del derecho de vía como de la Terminal, y construir un libramiento de 23.00 km, que rodeará la ciudad por el sur, llegando con ello a la nueva Terminal de 24.48 ha situada entre el km 17.00 y el km 18.80.

En la figura 3.3, se muestra el trazo del libramiento y la localización que tendría la nueva Terminal. Se estima un periodo de inversión de dos años, 2010 y 2011, entrando el proyecto en operación en el año 2012.

Figura 3.3 Proyecto de libramiento y de reubicación de la Terminal, situación con proyecto, 2012-2039



Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la propuesta del proyecto presentado.

3.3.2 Oferta con proyecto

El diseño de la nueva Terminal es idéntico en cuanto a las dimensiones de la Terminal anterior y cuenta con los elementos básicos del taller de locomotoras, zona de abasto de combustibles, bodegas para el almacenamiento de material de mantenimiento y edificio de oficinas. En cuanto a las vías, se contará con vías al interior de la Terminal para llevar a cabo las operaciones de la Terminal (recibir, clasificar y despachar la carga), además de un libramiento ferroviario de 23 km, con lo que se tendría en total 30.2 km de vías, con un diseño de soporte de 100 lb/yd.

3.3.3 Demanda con proyecto

La demanda de servicios ferroviarios no se verá afectada por el proyecto, así que es idéntica a la descrita en la situación sin proyecto.

3.3.4 Interacción oferta-demanda con proyecto

A continuación, se describe cuál es el impacto que tendría el proyecto sobre los diferentes conceptos identificados en la descripción de la situación actual y sin

proyecto (COM de los trenes, el CM de las vías, el valor inmobiliario de los predios a liberar, externalidades y otros efectos por el paso del tren).

- **COM de los trenes**

El proyecto propone un libramiento ferroviario, provoca que los trenes no tengan que circular por la zona urbana, ocasionando con ello un incremento en su velocidad promedio. Para este estudio, se considerara que la velocidad promedio pasa de 20 km/hr a 40 km/hora, lo cual provocará que se reduzcan los COM. Estos costos se reducirán de 0.14 a 0.13 pesos por ton-km. No obstante, los COM se ven afectados por el incremento en el trayecto que se debe recorrer, es decir, se pasaría de un longitud de 15.2 km a una de 21.2 km (véase cuadro 3.24).

Cuadro 3.24 COM de los trenes, situación con proyecto 2012 (pesos de 2010)

Velocidad promedio (km/hora)	Distancia recorrida (km) ^{1/}	Peso del tren (ton) ^{2/}	COM /ton-km 40 km/hora (pesos)	COM /tren (pesos)	COM diario Lunes a Viernes (pesos)	COM diario Sábado y Domingo (pesos)	COM anual (miles de pesos)
40.00	21.20	8,510.51	0.130	23,454.98	211,094.78	117,274.88	67,081.23

^{1/} No se toma en cuenta el largo de la estación de 1.8 km, ya que el COM relativo a la estancia del tren en la estación se supone igual con y sin proyecto.

^{2/} El peso del tren crece a la tasa de 1.5% anual.

Fuente: Elaboración propia con información de la operadora ferroviaria.

Cuadro 3.25 COM de los trenes, situación con proyecto, 2012-2039

Año	COM anual (miles de pesos de 2010)
2012	67,081.23
2017	72,265.54
2022	77,850.51
2027	83,867.10
2032	90,348.69
2037	97,331.20
2039	100,273.03

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados y supuestos realizados anteriormente.

- **CM de las vías**

Al contrario de la situación sin proyecto, las vías instaladas son nuevas, así que requieren de un mantenimiento menos frecuente. Cada 6 años, los 30.2 km de vías necesitarán un mantenimiento que cuesta 132.60 miles de pesos por km. Al igual que en la situación actual, se calcula el CAE del CM de las vías que es de 493.46 miles de pesos anuales para toda la vida útil del proyecto 2012-2039 (ver cuadro 3.26).

Cuadro 3.26 Costo de mantenimiento de la vías, 2010-2039 (miles de pesos de 2010)

Componente	CM por km de vías	CM por 30.20 km de vías	Periodo de mantenimiento para vías nuevas (años)	CAE del CM de vías
Rieles, durmientes y nivelación	132.60	4,004.52	6	493.46

^{1/} CAE = $(4,004.52/1.12^6) * 0.12 / (1 - 1/1.12^6) = 493.46$.

Fuente: Elaboración propia con información de la operadora ferroviaria.

- **Valor de los predios a liberar**

Para el valor de los predios se considera que el aumento de la oferta de los mismos debido al proyecto, no tiene impacto sobre el precio de equilibrio del mercado, así que el valor inmobiliario de los terrenos liberados en la situación con proyecto es idéntico al descrito en la situación actual (ver cuadro 3.4).

- **Externalidades por paso del tren**

Finalmente, con el proyecto, el tren dejará de pasar por una zona urbana para atravesar una zona rural, así que se supone que no va a cruzar vías “importantes”. Se elimina el costo por paso del tren. Por la misma razón, tampoco se consideran costos de molestia durante la construcción de la obra.

Con la información anterior de la situación con y sin proyecto, se puede realizar la evaluación del proyecto e identificar, cuantificar y valorar los costos y los beneficios.

3.4 Evaluación socioeconómica

3.4.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos

- **Costos de inversión**

Para poder llevar a cabo el proyecto se tendría que adquirir un terreno de 24.48 ha para la construcción de la Terminal. Asimismo, se necesitaría comprar los terrenos para el derecho de vía, el cual se está considerando con un ancho de 45 m y un largo de 21.2 km, es decir, se necesitarían 95.4 ha. Se considerará un costo por m² de 200 pesos.

Por otro lado, se considera que el costo de la Terminal (construcción y equipamiento) ascendería a 200 millones de pesos. Además, se incluye el costo de instalar los 30.2 km de vías (fuera y dentro de la Terminal), lo cual tiene un costo de 12,000 pesos por km. En el cuadro 3.27, se presenta un resumen de los costos de inversión.

Cuadro 3.27 Costos de Inversión del proyecto (pesos de 2010)

Conceptos		Cantidad	Precio unitario (pesos)	Costo (miles de pesos)
Terreno	Terminal ferroviaria	24.48 ha	200 por m ²	48,960
	Derechos de vía	95.40 ha	200 por m ²	190,800
Infraestructura de vías férreas		30.20 km	12,000 por km	362,400
Terminal ferroviaria (construcción y equipamiento)		1.00 unidad	200,000,000	200,000
Total				802,160

Fuente: Elaboración propia con información de la operadora ferroviaria.

- **Diferencial de COM de los trenes**

Al comparar la situación con y sin proyecto (ver cuadros 3.23 y 3.25), se obtiene que existe un mayor COM de los trenes al implementar el proyecto, ya que los trenes deben recorrer una mayor distancia para llegar a la Terminal. En el cuadro 3.28, se presenta el costo diferencial para diferentes años de la vida útil del proyecto, entre 2012 y 2039.

Cuadro 3.28 Diferencial de COM de los trenes, 2012-2039 (miles de pesos de 2010)

Año	Diferencial de COM anual
2012	15,285.55
2017	16,466.88
2022	17,739.51
2027	19,110.49
2032	20,587.42
2037	22,178.50
2039	22,848.85

Fuente: Elaboración propia con información conseguida durante la visita de campo.

3.4.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios

Se identifican los siguientes beneficios del proyecto de reubicación y libramiento ferroviario:

Beneficio por diferencial de CM de las vías, beneficio por liberación de terrenos, beneficio por el ahorro de costos de espera y operacionales por el paso del tren por la zona urbana, beneficio por el valor de rescate de las vías que se desmantelan y el valor de rescate del proyecto al final de la vida útil de éste.

- **Beneficio por diferencial de CM de las vías**

Este beneficio se deriva del hecho que al instalar vías nuevas, éstas necesitarían un menor costo de mantenimiento que las actuales, por ello, el diferencial entre el CM de la situación con y sin proyecto, es el beneficio que se le asignaría al proyecto. Cabe señalar, que por medio del CAE estimado en cada una de las secciones, se puede determinar el ahorro anual que tendría la implementación del proyecto. Por lo tanto, si el CAE de la situación sin proyecto asciende a 1,057.06 miles de pesos y con proyecto a 493.46 miles de pesos, se tendría un ahorro anual de 563.60 miles de pesos, durante el periodo de vida útil del proyecto (2012-2039).

- **Beneficio por liberación de terrenos**

Al ser el objetivo del proyecto propuesto, la reubicación de la Terminal actual, se tendría un beneficio por la liberación de los terrenos ocupados por ésta, así como de aquellos (derecho de vía) por donde están instaladas las vías férreas.

El anterior beneficio se capitaliza al proyecto, en el primer año en que entra en operación, asumiendo que los terrenos se venden instantáneamente. La valoración de este beneficio equivale al valor de los terrenos presentado en el cuadro 3.4, es decir, 740,730 miles de pesos.

- **Beneficio por ahorro de costos por el paso del tren**

Al entrar en operación el proyecto, los trenes no circularían por la ciudad, por lo que se eliminarían los costos por tiempo de espera de las personas y los costos de operación de los vehículos detenidos. Este beneficio se determina con los costos ahorrados de la situación sin proyecto a la con proyecto (véase cuadro 3.29).

Cuadro 3.29 Beneficio por ahorro de costos por el paso del tren (miles de pesos de 2010)

Año	Costo anual total por tiempo de espera	Costo anual total por operación vehicular	Beneficio por ahorro de costos
2012	2,873.10	546.24	3,419.33
2017	3,417.28	649.70	4,066.98
2022	4,064.55	772.76	4,837.30
2027	4,834.41	919.12	5,753.53
2032	5,750.09	1,093.21	6,843.30
2037	6,839.20	1,300.28	8,139.48
2039	7,330.57	1,393.70	8,724.27

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados y supuestos realizados anteriormente

- **Valor de rescate de los rieles usados**

Otro beneficio identificado es el valor recuperable de las actuales vías, las cuales, al ser desmanteladas, podrían ser vendidas como chatarra a un precio de mercado de \$2,000 por tonelada (este costo tiene incluido el costo de desmantelar las vías). Para cuantificar dicho beneficio, se considera que si un kilómetro de rieles con calibre de 100 lb/yd, pesa 49.85 ton,¹⁴ entonces los 26.9 km de rieles que integran el actual sistema, tendrían un peso total de 1,340.96 ton. Por lo anterior, el beneficio por venta de los rieles usados ascendería a 2,681.93 miles de pesos de 2010, capitalizándose el primer año de operación (2012).

- **Valor de rescate del proyecto**

Finalmente, se tendría un beneficio por el valor de rescate que tendría el proyecto al final del horizonte de evaluación considerado. Éste se estima con el monto de inversión ejercido en un inicio (véase cuadro 3.28).

Cuadro 3.28 Valor de rescate (pesos de 2010)

Conceptos		Cantidad	Precio unitario (pesos)	Costo (miles de pesos)
Terreno	Terminal ferroviaria	24.48 ha	200 por m ²	48,960
	Derechos de vía	95.40 ha	200 por m ²	190,800
Infraestructura de vías férreas		30.20 km	12,000 por km	362,400
Terminal ferroviaria (construcción y equipamiento)		1.00 unidad	200,000,000	200,000
Total				802,160

Fuente: Elaboración propia con información de la operadora ferroviaria.

Para valorar cada uno de los conceptos anteriores, se consideraron los mismos precios de mercado utilizados en la situación con proyecto, es decir, se está asumiendo que con el uso y un correcto mantenimiento, el valor de los componentes del proyecto permanece constante.

¹⁴ Por información, 1 lb= 0.4536 kg y 1 yd= 91 centímetros (cm). Entonces, un kilómetro de rieles de calibre 100.00 lb/yd pesa 49.85 ton ((0.4536 kg/lb* 100 lb/yd / 1,000 kg/ton)/ (91cm/ 100,000 cm/km)).

3.4.3 Indicadores de rentabilidad

En el cuadro 3.29 se calcula, a partir de los flujos de costos y beneficios, el flujo neto del proyecto para cada año del horizonte de evaluación y se determina el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto que permite evaluar la rentabilidad del mismo. El VPN del proyecto de reubicación de la Terminal y libramiento ferroviario es -222,202.64 miles de pesos de 2010.

Asimismo, aún si el tamaño del terreno y de la estación se redujeran en 20%, el proyecto continuaría siendo no rentable, con un VPN negativo en 172,411 miles de pesos de 2010.

Cuadro 3.29 VPN del proyecto de reubicación de la Terminal y libramiento ferroviario (miles de pesos de 2010)

Año	Inversión	Diferencial de COM de los trenes	Diferencial de CM de las vías	Ahorro de costos de espera y CO por paso del tren	Liberación de terrenos	Valor de rescate de los rieles usados	Valor de rescate del proyecto	Flujo neto	Flujo neto descontado	VPN (valores al año 0)
2010	-401,080.00							-401,080.00	-401,080.00	-222,202.64
2011	-401,080.00							-401,080.00	-358,107.14	
2012		-15,285.55	563.60	3,419.33	740,730.00	2,681.93		732,109.31	583,633.06	
2013		-15,514.84	563.60	3,540.03				-11,411.20	-8,122.27	
2014		-15,747.56	563.60	3,665.00				-11,518.96	-7,320.51	
2015		-15,983.77	563.60	3,794.37				-11,625.80	-6,596.79	
2016		-16,223.53	563.60	3,928.31				-11,731.62	-5,943.60	
2017		-16,466.88	563.60	4,066.98				-11,836.30	-5,354.14	
2018		-16,713.88	563.60	4,210.55				-11,939.74	-4,822.26	
2019		-16,964.59	563.60	4,359.18				-12,041.81	-4,342.40	
2020		-17,219.06	563.60	4,513.06				-12,142.40	-3,909.53	
2021		-17,477.35	563.60	4,672.37				-12,241.38	-3,519.10	
2022		-17,739.51	563.60	4,837.30				-12,338.60	-3,167.01	
2023		-18,005.60	563.60	5,008.06				-12,433.94	-2,849.54	
2024		-18,275.68	563.60	5,184.84				-12,527.24	-2,563.32	
2025		-18,549.82	563.60	5,367.87				-12,618.35	-2,305.33	
2026		-18,828.07	563.60	5,557.36				-12,707.11	-2,072.81	
2027		-19,110.49	563.60	5,753.53				-12,793.36	-1,863.28	
2028		-19,397.14	563.60	5,956.63				-12,876.92	-1,674.51	
2029		-19,688.10	563.60	6,166.90				-12,957.60	-1,504.47	
2030		-19,983.42	563.60	6,384.59				-13,035.23	-1,351.32	
2031		-20,283.17	563.60	6,609.97				-13,109.61	-1,213.42	
2032		-20,587.42	563.60	6,843.30				-13,180.53	-1,089.27	
2033		-20,896.23	563.60	7,084.87				-13,247.77	-977.53	
2034		-21,209.68	563.60	7,334.96				-13,311.12	-876.96	
2035		-21,527.82	563.60	7,593.89				-13,370.34	-786.49	
2036		-21,850.74	563.60	7,861.95				-13,425.19	-705.10	
2037		-22,178.50	563.60	8,139.48				-13,475.42	-631.91	
2038		-22,511.18	563.60	8,426.80				-13,520.78	-566.11	
2039		-22,848.85	563.60	8,724.27			802,160.00	788,599.02	29,480.41	

Fuente: Elaboración propia con base en los supuestos realizados en este ejemplo.

3.4.4 Conclusión y recomendación

Se concluye que el proyecto de reubicación de la Terminal y libramiento ferroviario no es rentable para el país, por lo que se recomienda no llevarlo a cabo. Como se puede observar, el beneficio principal de estos proyectos es el aprovechamiento de los predios en el centro de la ciudad y de aquellos que son ocupados por las vías (derecho de vía), sin embargo, esto no permite compensar los costos de inversión y el incremento de los costos de operación y mantenimiento de los trenes. Cabe señalar, que el escenario considerado es “muy optimista”, debido a que se supone que los beneficios por la venta de terrenos se materializan en un año, lo cual en la práctica podría llevarse más tiempo para comercializar estos terrenos.

Finalmente, se recomienda realizar las medidas de optimización, lo cual mejorará la interacción entre el sistema ferroviario y la población que se ve afectada por su paso en la zona urbana.