

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

### ANALISIS COSTO BENEFICIO



Secretaría de  
Comunicaciones y  
Transportes  
Dirección General de Transporte  
Ferroviario y Multimodal  
Octubre 2013

ELABORACIÓN DE LOS "ESTUDIOS DE PRE - INVERSIÓN, RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, FINANCIERA, LEGAL Y AMBIENTAL, ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO, ANTEPROYECTO Y PROYECTO EJECUTIVO PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS EN LA MODALIDAD DE TREN LIGERO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ZAPOPAN, GUADALAJARA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

### ÍNDICE

1.	RESUMEN EJECUTIVO	1
1.1	OBJETIVO DEL PROYECTO	1
1.2	PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA	1
1.3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
1.4	HORIZONTE DE EVALUACIÓN	4
1.5	IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO	4
1.6	INDICADORES DE RENTABILIDAD	8
1.7	ANÁLISIS DE RIESGOS (EJECUCIÓN Y OPERACIÓN)	9
1.8	CONCLUSIÓN	9
2.	SITUACIÓN ACTUAL	11
2.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
2.1.1	ANTECEDENTES	11
2.1.2	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
2.1.3	PROBLEMÁTICA A RESOLVER	12
2.2	ANÁLISIS DE LA OFERTA	14
2.2.1	RED VIAL	14
2.2.2	RED DE TRANSPORTE PÚBLICO	18
2.2.3	TRANSPORTE PRIVADO	24
2.2.4	ASIGNACIÓN DE RUTAS	25
2.3	ANÁLISIS DE LA DEMANDA	26
2.3.1	ENCUESTAS ORIGEN DESTINO	26
2.3.2	PRINCIPALES PARES ORÍGENES-DESTINO	35
2.3.3	AFOROS VEHICULARES	41
2.4	INTERACCIÓN ENTRE LA OFERTA Y LA DEMANDA	48
2.4.1	PERFIL HORARIO DE LA ZMG	51
2.4.2	TIEMPOS DE RECORRIDO EN TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO	53
2.4.1	DISTANCIA RECORRIDA POR LAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	54
2.4.2	COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE	59

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

2.4.3	ANÁLISIS COMPARATIVO PARA CUANTIFICAR LA DIFERENCIA ENTRE LA OFERTA Y LA DEMANDA	61
2.4.4	PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA	64
3.	SITUACIÓN SIN PROYECTO	66
3.1	OPTIMIZACIONES	66
3.2	ANÁLISIS DE LA OFERTA	67
3.3	ANÁLISIS DE LA DEMANDA	67
3.4	INTERACCIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA	67
3.5	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	69
4.	SITUACIÓN CON PROYECTO	79
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	79
4.1.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	79
4.1.2	MATERIAL RODANTE	86
4.1.3	ESTACIONES	89
4.1.4	VIADUCTO	99
4.1.5	TÚNEL	102
4.1.6	ALIMENTACIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO	107
4.1.7	SISTEMAS FERROVIARIOS	108
4.2	ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	109
4.3	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	111
4.4	CALENDARIO DE ACTIVIDADES	112
4.5	MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	113
4.6	FINANCIAMIENTO	114
4.7	CAPACIDAD INSTALADA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN	114
4.8	METAS ANUALES Y TOTALES A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN	114
4.9	VIDA ÚTIL	115
4.10	DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES	115
4.10.1	ESTUDIOS TÉCNICOS, LEGALES AMBIENTALES Y DE MERCADO	115
4.11	ANÁLISIS DE LA OFERTA	129
4.11.1	RED VIAL	129
4.11.2	RED DE TRANSPORTE PÚBLICO	130

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

4.11.3	TRANSPORTE PRIVADO	133
4.12	ANÁLISIS DE LA DEMANDA	133
4.13	INTERACCIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA	134
4.13.1	DETERMINACIÓN DE LA TARIFA	137
5.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	138
5.1	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO	138
5.1.1	INVERSIÓN	138
5.1.1	COSTOS DE MOLESTIA	139
5.1.2	COSTO DE REINVERSIÓN EN MATERIAL RODANTE	140
5.1.3	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	140
5.1.4	COSTO DE MANTENIMIENTO MAYOR	141
5.1.5	COSTOS TOTALES	141
5.2	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO	141
5.2.1	BENEFICIOS POR DISMINUCIÓN DE CGV	141
5.2.2	BENEFICIOS POR LIBERACIÓN DE RECURSOS	143
5.2.3	BENEFICIOS POR VALOR DE RESCATE	143
5.2.1	BENEFICIOS NO INCLUIDOS EN EL FLUJO DE EFECTIVO	144
5.2.2	BENEFICIOS TOTALES	144
5.3	CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD	144
5.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	147
5.5	ANÁLISIS DE RIESGOS	148
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
7.	ANEXOS	151
	ANEXO 1 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN	152
	ANEXO 2 PUBLICACIÓN TÉCNICA NO. 337, SANFANDILA, QRO, 2010, IMT	153
	ANEXO 3 ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO DE LOS OCUPANTES DE LOS VEHÍCULOS	

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

<i>ANEXO 4 GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE MASIVO URBANO</i>	<b>155</b>
<i>ANEXO 5 VALOR SOCIAL DEL TIEMPO EN MÉXICO PARA 2013</i>	<b>156</b>
<i>ANEXO 6 RESULTADOS DE VOCMEX</i>	<b>157</b>
8. BIBLIOGRAFÍA	<b>158</b>

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

### 1. RESUMEN EJECUTIVO

#### 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del “*Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco*” es incrementar el bienestar de la sociedad, mediante la implementación de un sistema de transporte masivo bajo el esquema de un tren ligero en el corredor vial de los tres municipios. Esta mejora social, se logra disminuyendo los actuales, y futuros, tiempos de traslado de los pasajeros, así como los costos de operación vehicular; tanto del transporte público como del privado. También, el tren, proporciona seguridad en los viajes y genera menores emisiones contaminantes del aire en comparación con las modalidades actuales.

#### 1.2 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

El crecimiento urbano de la ZMG se ha dado de forma expansiva hacia los municipios periféricos; entre 2000 y 2010 su población ha crecido de 3,369,136 a 4,434,878 habitantes, mientras que la población del municipio de Guadalajara ha decrecido de 1,643,319 a 1,495,189 habitantes. Este crecimiento expansivo, implica una menor densidad habitacional -mayor dispersión de la población- y centralidad de las actividades comerciales, industriales y de servicios, además de mayores desplazamientos de la población y la creciente necesidad de mayor dotación de infraestructura y de prestación de servicios; entre los que se encuentra el transporte de personas.

Se identificó que, para la situación actual, la velocidad promedio para el tránsito general en el Corredor Zapopan - Guadalajara – Tlaquepaque, se encuentra entre 10km/h y 28km/h, que representan entre el 16% y el 47% de la velocidad de diseño de estas vialidades.

Siguiendo las tendencias de crecimiento poblacional y de la tasa de motorización, este problema se incrementara en el tiempo. Entre 2000 y 2010, el parque vehicular de la ZMG creció de 568,000 a 1,209,000 vehículos.

El transporte público que opera hoy en el corredor, está directamente afectado por estas situaciones y participa en la degradación de las condiciones de circulación, debido a la superposición de rutas (circulan



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

hasta 250 unidades por hora en el Centro de Guadalajara sobre la Av. Alcalde) y a las malas prácticas de operación de los choferes de transporte público (maniobras de ascenso – descenso no reguladas y obstrucciones entre unidad de transporte). Además, del problema de baja velocidad comercial, se observó que la fiabilidad en los tiempos de viaje de los usuarios, se ve afectada por la mala regulación operativa de las rutas (tiempo entre 2 unidades muy variable).

Si continúan las tendencias actuales de operación, la velocidad del transporte público en este corredor pasará de 16km/h actualmente a 12km/h en 15 años, lo que implicará un incremento significativo de los tiempos de traslados de los usuarios del transporte público, que generarán incentivos para el uso del automóvil.

Los elementos antes mencionados, participan a elevar los costos generalizados de viaje (CGV) de los usuarios del transporte público, así como de los usuarios del automóvil.

El CGV por año del total de los viajes del corredor en estudio, independientemente del modo en que se realizan (transporte público o privado), asciende a 9,311,627,265 de pesos en el año 2013.

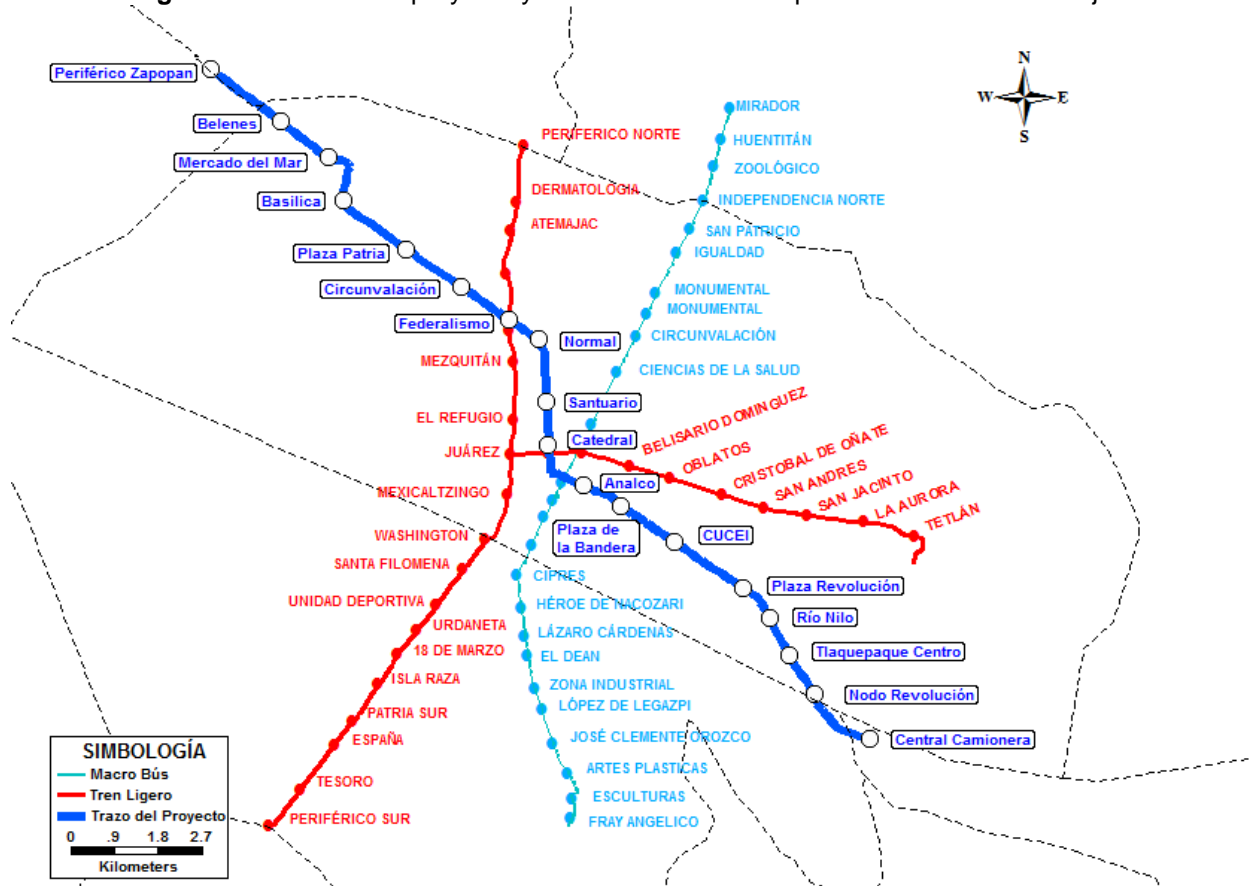
### **1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto consiste en la construcción de la infraestructura y equipamiento necesarios para dar servicio de transporte masivo urbano de pasajeros mediante un Tren Ligero en el corredor Zapopan - Guadalajara – Tlaquepaque.

Está previsto un trazo de la obra desde el Noroeste hacia el Sureste de la Zona Metropolitana de Guadalajara, recorriendo las colonias más pobladas de Zapopan, el propio municipio de Guadalajara y finalizando en Tlaquepaque.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 1** Ubicación del proyecto y de las líneas de transporte masivo de Guadalajara



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Dentro del diseño se consideraron cinco tramos, en función de las tres secciones-tipo definidas en el proyecto: a nivel, en viaducto y en túnel. En total, la longitud del proyecto será de 21.3 km.

Se construirán 18 estaciones, de las cuales 13 serán superficiales y 5 subterráneas. En el diseño de las estaciones se contempló una longitud máxima de andén de 75 metros.

La flota inicial en operación del proyecto, será de 16 trenes con una capacidad estimada de 500 pasajeros por tren.



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

Esta nueva línea de tren ligero, dará servicio en su apertura a 233,000 personas diariamente<sup>1</sup>, dando confiabilidad a los pasajeros, tanto en sus tiempos de traslado, como en la seguridad del sistema.

Otra cualidad del proyecto, es que al ser un sistema eléctrico, y comparado con la situación sin proyecto, se disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> vertidas al ambiente. Además, al reducir el número de vehículos (tanto públicos como privados) que circulaban por el corredor, también se disminuyen los riesgos de accidentes viales.

Conjuntamente al desarrollo de infraestructura del proyecto, será necesario establecer un reordenamiento de las rutas que actualmente circulan en la zona de influencia. Además, para las estimaciones de la demanda del proyecto, se consideró una integración tarifaria parcial entre los sistemas de Tren Ligero, Macrobus y rutas alimentadoras del mismo tren.

### **1.4 HORIZONTE DE EVALUACIÓN**

El horizonte de evaluación del proyecto es de 30 años; 3.3 años de inversión, y una vida útil de 26.7 años.

### **1.5 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO**

#### **i. DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS**

Los costos del “*Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco*” son<sup>2</sup>:

#### **Inversión**

La inversión corresponde a todos los componentes de infraestructura y material rodante necesarios para iniciar las operaciones del Proyecto; estos son: la liberación de derechos de vía; proyecto ejecutivo;

---

<sup>1</sup> Dato estimado para un día hábil.

<sup>2</sup> Todos los ítems que a continuación se presentan, no se encuentran grabados por el impuesto al valor agregado (IVA).

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

construcción del viaducto elevado, túneles, transiciones, tramo en superficie, estaciones elevadas, estaciones subterráneas, talleres y cocheras; electrificación; señalización, sistemas de comunicación; obras complementarias; servicios afectados y la adquisición del material rodante.

El inicio de la construcción de las obras se planteó en el segundo semestre de 2013, finalizando las obras en los últimos meses de 2016, proyectando 40 meses de inversión.

El total de la inversión estimada para los 40 meses es de 15,252,389,273 pesos corrientes, sin considerar de IVA.

**Tabla 1** Inversión en pesos de 2013

Concepto	Precio total
<b>Liberación de derechos de vía</b>	
Compras de terreno, construcciones y demoliciones	442,411,500
<b>Proyecto ejecutivo</b>	
Proyecto ejecutivo	83,000,000
<b>Obra civil</b>	
Viaducto elevado	2,270,311,773
Túnel	2,021,250,000
Transiciones/trincheras	160,000,000
Tramo en superficie	35,000,000
Estaciones elevadas	2,957,500,000
Estaciones subterráneas	1,925,000,000
Talleres y cocheras	437,500,000
<b>Instalaciones electromecánicas</b>	
Electrificación	1,560,600,000
Señalización	724,464,000
Comunicaciones	548,952,000
Boletaje	254,400,000
<b>Material rodante</b>	
Tren eléctrico	1,386,000,000
<b>Obras complementarias</b>	
CETRAM Normal	250,000,000
Túneles carreteros Plaza Basílica	156,000,000
Servicios afectados	40,000,000

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### **Monto total de la inversión con IVA**

El monto de la inversión con IVA asciende a 17,692,771,557 pesos corrientes.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

### **Reinversiones**

Para satisfacer la demanda creciente durante la vida útil del proyecto, será necesario incrementar el material rodante. El primer año de reinversión y aumento de flota será en 2019 y se invertirán 77 millones de pesos corrientes en la adquisición de un nuevo tren. La suma del valor presente de las reinversiones totales durante el horizonte de evaluación del proyecto es de 192,162,269 pesos de 2013.

### **Costos de molestias**

Durante la etapa de la construcción de la infraestructura necesaria para este nuevo tren, los usuarios públicos y privados que circulen por las vialidades por las que pasará el tren, se enfrentarán a situaciones en las que se deberá reducir su velocidad de circulación, por lo que sus CGV incrementarán. Estas obras se realizarán para construir los tramos de superficie, que es la menor proporción del trazado del proyecto, viaducto elevado, túnel, y estaciones. Los costos se derivarán de una afectación mínima ya que los procedimientos de edificación seguirán estrategias de trabajo nocturno o en horarios de baja demanda, y además, los mismos, siguen tecnologías constructivas poco invasivas por el equipo utilizado y por la ubicación en que se realizarán las labores. Los costos de molestia durante la inversión se estimaron en 506,982,926 millones de pesos de 2013.

### **Costos de operación y mantenimiento**

A lo largo de la vida útil del proyecto, se incurrirá en costos de operación y mantenimiento, tanto del material rodante, como de la infraestructura del sistema.

En este apartado, se incluyen los costos por operación y mantenimiento de los trenes, los salarios de personal, la operación y mantenimiento mayor y menor de vías, de estaciones, túneles, de viaductos elevados y de patios y talleres. El monto total por este concepto es de 280,647,049 pesos corrientes para el primer año de funcionamiento del sistema (2017). La suma del valor presente de los costos de operación y mantenimiento anuales, durante el horizonte de evaluación del proyecto es de 1,742,491,980 pesos de 2013.

Los costos de mantenimiento mayor del sistema aplican cada 10 años y cada 20 el que corresponde a los tramos de viaducto elevado, por lo que es el año 2026 el primero para este concepto. En este año,

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

los costos son de 169,062,457 pesos corrientes y su valor presente en el horizonte de evaluación es de 52,559,698 pesos de 2013.

### **Costos totales**

La suma del valor presente de todos los costos asociados al proyecto es de 14,447,528,184 pesos de 2013.

### **ii. DESCRIPCIÓN DE LOS BENEFICIOS**

#### **Disminución de CGV**

Los beneficios por disminución de CGV son el resultado de la diferencia que hay, de estos costos, en la situación sin proyecto (SP) y la situación con proyecto (CP).

El valor de los beneficios por disminución de CGV del primer año de operación es de 2,250,817,053 pesos corrientes y la suma total de los beneficios durante el horizonte de evaluación en valor presente son 21,339,007,299 pesos de 2013.

#### **Liberación de recursos**

Otro beneficio atribuible al proyecto, es la liberación de recursos. Este beneficio se refiere al número de unidades que serán remplazadas por el sistema propuesto, y que aún cuentan con vida útil, y por lo tanto pueden ser vendidas. La liberación de recursos se materializa en el primer año de operación y asciende a 217,800,000 pesos corrientes. La suma del valor presente de este beneficio es de 138,415,837 pesos de 2013.

#### **Valor de rescate**

A pesar de que los sistemas de Tren Ligero tienen una vida útil mayor al horizonte de evaluación, y que el valor de dichas instalaciones no se deprecia tan rápido como en otras obras (por el mantenimiento constante y la utilidad del mismo), se supuso que, en el último año de operación, existirá un valor de rescate de la infraestructura del 50% del monto de inversión por este concepto y que equivale a 5,028,280,887 pesos corrientes; en valor presente corresponden a 187,973,606 pesos de 2013.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

### **Beneficios no incluidos en el flujo de efectivo**

Otros beneficios atribuibles al proyecto y que no son incluidos en el flujo de efectivo, son: la disminución de emisiones contaminantes, la disminución de accidentes y la fiabilidad en los tiempos de traslado de contar con sistema de tren ligero.

El cambio tecnológico de la flota vehicular del sistema de transporte público actual, por el sistema de Tren Ligero, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la movilidad de pasajeros. En el año 2017, la toneladas de CO<sub>2</sub> liberadas a la atmósfera por el transporte público, una vez que el proyecto sea implementado será de 36,890 toneladas; la diferencia en el mismo año con la situación sin proyecto (54,297 toneladas) será de 17,407 toneladas.

En las experiencias nacionales e internacionales de la implementación de sistemas de transporte masivo en la modalidad de Tren Ligero, se observó que, los accidentes en el transporte público disminuyeron, derivado de la independencia del sistema con las vialidades. En este mismo sentido, los trenes disminuyen la incertidumbre de los pasajeros sobre los tiempos de espera para abordar las unidades, lo que repercute en mayor fiabilidad para realizar sus viajes oportunamente.

### **Beneficios totales**

La suma del valor presente de todos los beneficios durante el horizonte de evaluación equivale a 21,665,396,742 pesos de 2013.

### **1.6 INDICADORES DE RENTABILIDAD**

Los indicadores de rentabilidad utilizados para la evaluación del proyecto, son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa social de descuento utilizada fue del 12%; tasa establecida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

**Tabla 2** Indicadores de rentabilidad del proyecto

Concepto	Inversión al momento óptimo
Valor presente neto (pesos de 2013)	7,217,868,558
Tasa de rentabilidad inmediata	12.25%
Tasa interna de retorno	17.59%
Momento óptimo de inicio de operación	2017

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### **1.7 ANÁLISIS DE RIESGOS (EJECUCIÓN Y OPERACIÓN)**

Los principales riesgos asociados al proyecto se identifican en temas políticos debido a que es necesario establecer la coordinación adecuada entre distintos municipios de la ZMG para el desarrollo de las obras de construcción y la etapa de operación. Por otra parte, existen riesgos relacionados a la adquisición de derecho de vía (problemas en las negociaciones podrían posponer la operación del proyecto). También, existe la posibilidad de enfrentar un incremento en los costos de construcción y en los tiempos de ejecución (retrasos en la entrega de material y obras por problemas técnicos y por aumentos en los precios por fenómenos inflacionarios) o, una combinación de los riesgos antes descritos.

El proyecto requiere 3.3 años de inversión. En caso de que el periodo de inversión se prolongue un año, la operación también deberá postergarse, perdiendo un año de beneficios netos que representan 2,187,970,004 pesos corrientes.

### **1.8 CONCLUSIÓN**

En las estimaciones de los indicadores de rentabilidad del proyecto, se obtuvo un VPN de 7,217,868,558 de pesos de 2013 y una TRI de 12.25% en el primer año de operación (2017), mayor a la tasa social de descuento (12%). Con base en estos indicadores se concluye que el *Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco* es socialmente rentable, y que el momento óptimo de operar es 2017, lo que hace necesario invertir a partir de 2013 para maximizar los beneficios netos generados por el proyecto.

De las experiencias nacionales e internacionales en proyectos de transporte masivo que tienen como tecnología un Tren Ligero, se han observado disminuciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> y de accidentes viales. Además, estos sistemas se caracterizan por mejorar los tiempos de traslado de las personas, lo



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

que genera fiabilidad en los viajes de las personas.

Con base en estas consideraciones, se recomienda la realización del proyecto ya que se trata de una solución socialmente rentable.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

### 2. SITUACIÓN ACTUAL

#### 2.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

##### 2.1.1 ANTECEDENTES

El diagnóstico inicial del “Análisis Costo Beneficio (ACB) del Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco” realizado por el consorcio *Senermex Ingeniería y Sistemas S.A .de C.V. y Transconsult Consultoría en Tránsito y Transporte S.C.*, se realizó en la red vial de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Particularmente, el análisis se enfocó a la zona de influencia directa del proyecto, determinada por el área de impacto contiguo y de las rutas de transporte público que se modificarían por la posible inclusión de un sistema de transporte masivo diferente a los medios actuales.

Las principales fuentes de información para la realización del presente ACB son los “*Estudios de Pre - inversión, relacionados con el Análisis de Factibilidad Técnica, Económica, Financiera, Legal y Ambiental, y Anteproyecto para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco*”, realizados en 2012 por el consorcio *Senermex Ingeniería y Sistemas S.A .de C.V. y Transconsult Consultoría en Tránsito y Transporte S.C.* Además, fueron consultadas series históricas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), e información estadística de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

##### 2.1.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente ACB está conformada por los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque y Tonalá, los cuatro pertenecientes al Estado de Jalisco; el estudio se centrará en la movilidad en transporte público y privado del corredor Zapopan - Guadalajara - Tlaquepaque, integrado por las siguientes avenidas:

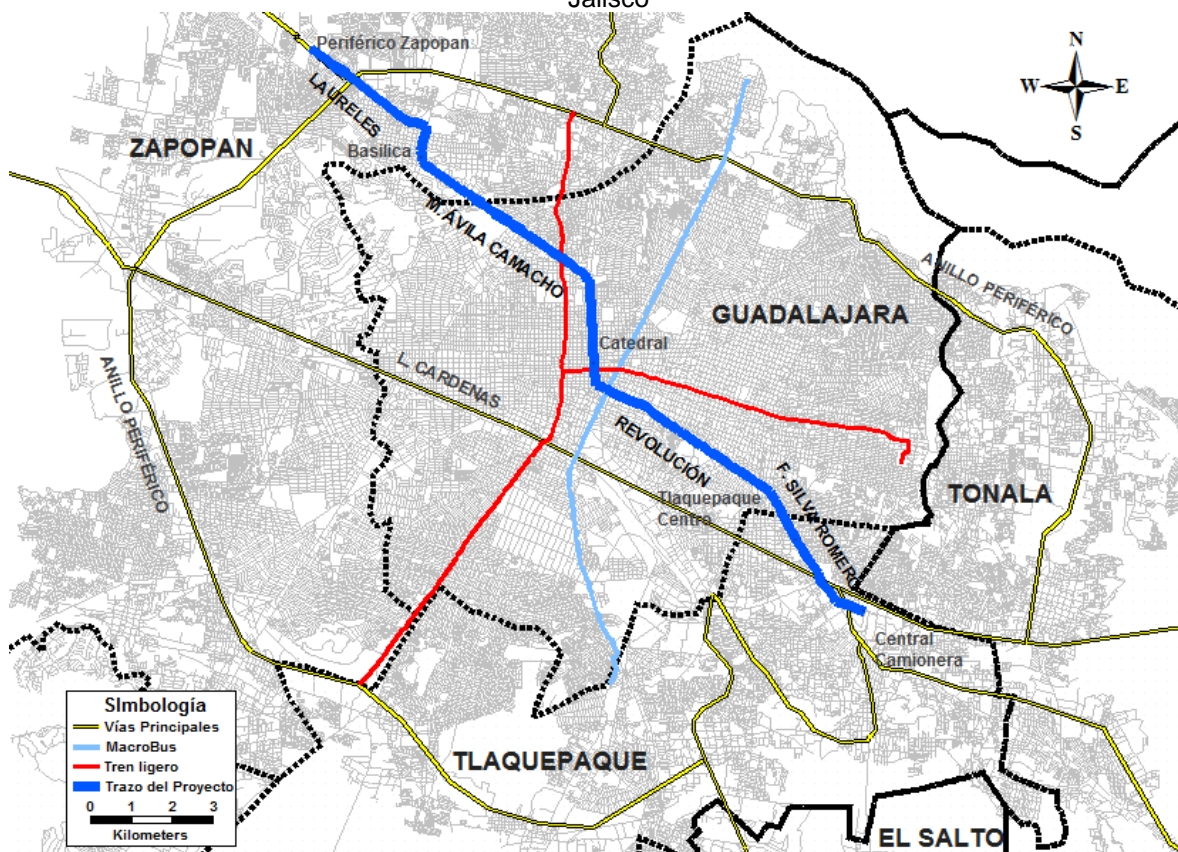
- Avenida Laureles
- Avenida Manuel Ávila Camacho

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

- Avenida Alcalde
- Avenida Revolución
- Avenida Silva Romero

En la siguiente figura se muestra el corredor a analizar:

**Figura 2** Trazo a analizar, ubicado entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco



### 2.1.3 PROBLEMÁTICA A RESOLVER

El crecimiento urbano de la ZMG se ha dado de forma expansiva hacia los municipios periféricos; entre 2000 y 2010 su población ha crecido de 3,369,136 a 4,434,878 habitantes, mientras que la población del

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

municipio de Guadalajara ha decrecido de 1,643,319 a 1,495,189 habitantes. Este crecimiento expansivo, implica una menor densidad habitacional -mayor dispersión de la población- y centralidad de las actividades comerciales, industriales y de servicios, además de mayores desplazamientos de la población y la creciente necesidad de mayor dotación de infraestructura y de prestación de servicios; entre los que se encuentra el transporte de personas.

Se identificó que, para la situación actual, la velocidad promedio para el tránsito general en el Corredor Zapopan - Guadalajara – Tlaquepaque, se encuentra entre 10km/h y 28km/h, que representan entre el 16% y el 47% de la velocidad de diseño de estas vialidades.

Siguiendo las tendencias de crecimiento poblacional y de la tasa de motorización, este problema se incrementara en el tiempo. Entre 2000 y 2010, el parque vehicular de la ZMG creció de 568,000 a 1,209,000 vehículos.

El transporte público que opera hoy en el corredor, está directamente afectado por estas situaciones y participa en la degradación de las condiciones de circulación, debido a la superposición de rutas (circulan hasta 250 unidades por hora en el Centro de Guadalajara sobre la Av. Alcalde) y a las malas prácticas de operación de los choferes de transporte público (maniobras de ascenso – descenso no reguladas y obstrucciones entre unidad de transporte). Además, del problema de baja velocidad comercial, se observó que la fiabilidad en los tiempos de viaje de los usuarios, se ve afectada por la mala regulación operativa de las rutas (tiempo entre 2 unidades muy variable).

Si continúan las tendencias actuales de operación, la velocidad del transporte público en este corredor pasará de 16km/h actualmente a 12km/h en 15 años, lo que implicará un incremento significativo de los tiempos de traslados de los usuarios del transporte público, que generarán incentivos para el uso del automóvil.

Los elementos antes mencionados, participan a elevar los costos generalizados de viaje (CGV) de los usuarios del transporte público, así como de los usuarios del automóvil.

El CGV por año del total de los viajes del corredor en estudio, independientemente del modo en que se realizan (transporte público o privado), asciende a 10,063,151,330 de pesos en el año 2013.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

Pese a los múltiples problemas identificados en la operación actual del transporte público, el proyecto se evaluará bajo la metodología de reducción de CGV, enfocándose en identificar, cuantificar y valorar estos costos.

Finalmente, aun cuando en la evaluación no se cuantificarán, se identificaron las cantidades de emisiones del CO<sup>2</sup> emitidos por el transporte público y que disminuyen una vez que el proyecto sea implementado. Además, otro beneficio no valorizado es la disminución de accidentes en el corredor analizado.

### **2.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA**

La oferta se define como la “*cantidad de producción, suministro y/o cantidad disponible de bienes o servicios por unidad de tiempo*”<sup>3</sup>. En el mercado de transporte de pasajeros, la capacidad de servicio se encuentra supeditada a las alternativas de transporte público disponibles y a las condiciones físicas y geométricas de la red vial del área de estudio.<sup>4</sup>

Debido a que el transporte público comparte las vialidades con el transporte privado, el análisis se amplió para incorporar ambos tipos de transporte. Inicialmente, se definirá la red vial relevante y sus características de semaforización; en segundo lugar la red de transporte público, y finalmente se analizará el transporte privado.

#### **2.2.1 RED VIAL**

Las vialidades que conforman el área de estudio son la Avenida Laureles, Avenida Manuel Ávila Camacho, Avenida Alcalde, Avenida Revolución y la Avenida Silva Romero. En conjunto, estas vialidades tienen una longitud de 21.9 km.

---

<sup>3</sup> Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Diario Oficial de la Federación, viernes 27 de abril de 2012.

<sup>4</sup> Las características físicas de la red vial considerada para el presente análisis se amplían en la sección “Inventario de intersecciones semaforizadas” (pg. 202), del documento A.- Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano, Sección 1.2.2.5 Elaboración y captura de aforos.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

### *i. Inventario de intersecciones y semaforización*

Con la finalidad de obtener información de la configuración de las intersecciones y medir los ciclos de los semáforos, se realizó la inspección visual de las vialidades en estudio y se midieron los ciclos de los semáforos. Esta información fue indispensable en la modelación de la situación actual, situación sin proyecto y situación con proyecto, y con ella se realizó el diagnóstico del desempeño de las intersecciones y se identificaron las demoras ocasionadas por los semáforos. Como resultado de éste análisis, se propondrán medidas de optimización que mejoren los tiempos de viaje en la situación actual.

En los trabajos de campo, se contabilizó un total de ochenta y ocho intersecciones, que cuentan con dispositivos de control de tránsito tipo semáforo; los ciclos varían entre 60 segundos - como es el caso de la Avenida Revolución con Calle Corona - hasta intersecciones con 135 segundos - como la Avenida Ávila Camacho con la Avenida Mar Egeo - .

En el recorrido por las vialidades analizadas, se observó que el número de carriles en ambos sentidos varía entre seis y ocho. En los cruces semaforizados a lo largo del trayecto, los carriles de las vialidades varían entre 7 y 18 carriles para la totalidad de la intersección. La intersección con mayor número de carriles (en ambos sentidos), es la integrada por la Av. Revolución y Charro Norte, seguida por la intersección de Av. Ávila Camacho y Ávila Camacho Norte.

De manera general, los cruces en las avenidas del corredor se encuentran saturados (nivel de servicio D a F<sup>5</sup>) y las mayoría de las intersecciones se encuentran en el nivel F. A continuación se presenta un mapa con los niveles de servicio por intersecciones.<sup>6</sup>

---

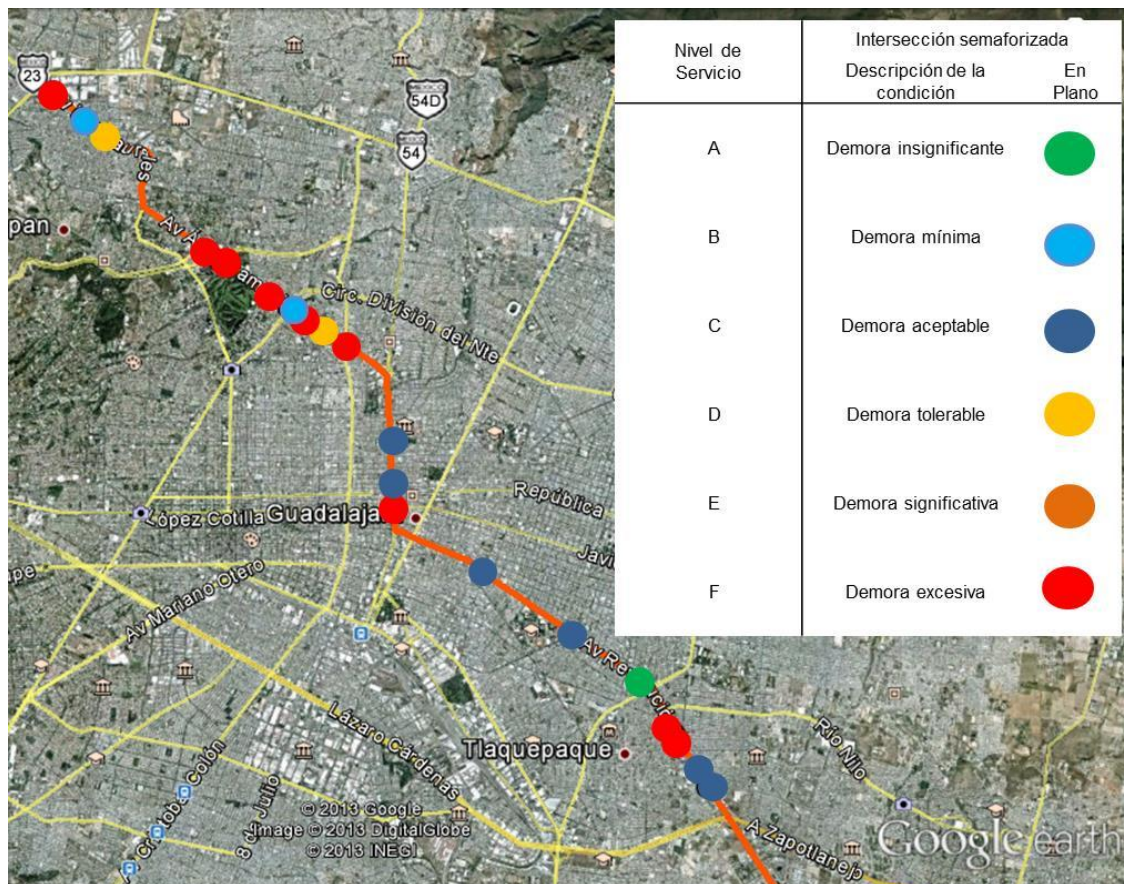
<sup>5</sup> El nivel de servicio A corresponde a demoras menores a 10 segundos, el nivel B a demoras entre 10 segundos y 20 segundos, el nivel C entre 20 segundos y 35 segundos, el nivel D entre 35 segundos y 55 segundos, el nivel E entre 55 segundos y 80 segundos y el nivel F mayores a 80 segundos.

<sup>6</sup> Los resultados de los estudios flujo-tiempo utilizados para definir las velocidades y congestionamiento se encuentran descritos en las secciones: 1.2.2.6 *Aforos vehiculares direccionales* (pg. 212), referente a los niveles de servicio y tiempos de demora, y la 1.2.2.5.7 *Estudios de velocidades y tiempos de demora del tránsito general* (pág. 225), relativa a la comparación de las vialidades del corredor analizado como rutas alternativas, del documento *A.- Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano*.



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 3** Nivel de servicio sobre las intersecciones semaforizadas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013, con imagen de Google Earth.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 3** Resumen del levantamiento de intersecciones semaforizadas

Intersección	Cruce		Número de carriles (ambas vialidades)	Tiempo de ciclo del semáforo en segundos
1	Av. Laureles	Av. Hidalgo	13	110
2	Av. Laureles	Benito Juárez	9	110
3	Av. Laureles	Industrias	9	110
4	Av. Laureles	Sarcófago	9	110
5	Av. Laureles	Periférico	10	130
6	Av. Laureles	Av. Ávila Camacho	15	110
7	Av. Laureles	Fernando Aranguren	10	130
8	Av. Laureles	Nuevo México	10	130
9	Av. Laureles	Zaragoza Vigía	12	110
10	Av. Laureles	Pino Suarez	14	110
11	Av. Laureles	Lopez Cotilla	14	110
12	Av. Laureles	Libertad y Sarcófago	9	110
13	Av. Camacho	Jacarandas	14	135
14	Av. Camacho	Obelisco	14	120
15	Av. Camacho	Bandera Nacional	11	120
16	Av. Camacho	San Jorge	11	135
17	Av. Camacho	Patria Norte	10	120
18	Av. Camacho	Patria Sur	10	120
19	Av. Camacho	Vista del Country	10	125
20	Av. Camacho	Mar Egeo	12	135
21	Av. Camacho	Circunvalación Norte	12	135
22	Av. Camacho	Circunvalación Sur	12	135
23	Av. Camacho	Ignacio Ramírez	9	125
24	Av. Camacho	Nicolás Romero	12	135
25	Av. Camacho	Enrique Díaz de León	14	120
26	Av. Camacho	Federalismo	14	120
27	Av. Camacho	José Ma. Coss - Yucatán	12	110
28	Av. Camacho	Magisterio	13	112
29	Av. Camacho	Ávila Camacho Norte	16	125
30	Av. Camacho	Ávila Camacho Sur	16	125
31	Av. Alcalde	Av. Normalistas	10	125
32	Av. Alcalde	Av. De Los Maestros	11	126
33	Av. Alcalde	Silvestre Revueltas	14	125
34	Av. Alcalde	Torres Quintero	7	125
35	Av. Alcalde	Jesús García	12	125
36	Av. Alcalde	Arista	7	123
37	Av. Alcalde	Eulogio Parra	8	120
38	Av. Alcalde	Guillermo Prieto	8	115
39	Av. Alcalde	Hospital	8	115
40	Av. Alcalde	Silvestre Revueltas	7	125
41	Av. Alcalde	Morelos	9	125
42	Av. Alcalde	Herrera I. Cairo	9	115
43	Av. Alcalde	Angulo	8	115
44	Av. Alcalde	Garibaldi	8	115
45	Av. Alcalde	Reforma	8	115
46	Av. Alcalde	San Felipe	8	115
47	Av. Alcalde	Juan Manuel	8	115
48	Av. Alcalde	Independencia	8	115
49	Av. Alcalde	Hidalgo	9	125
50	Av. Alcalde	Pedro Moreno	8	125
51	Av. Alcalde	Juárez	10	125
52	Av. Alcalde	Lopez Cotilla	8	125
53	Av. Alcalde	Francisco I Madero	8	125
54	Av. Alcalde	Prisciliano Sánchez	9	125

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Intersección	Crucero	Número de carriles (ambas vialidades)	Tiempo de ciclo del semáforo en segundos
55	Av. Revolución Miguel Blanco	12	125
56	Av. Revolución Corona	8	60
57	Av. Revolución Degollado	8	60
58	Av. Revolución Calzada Independencia	12	115
59	Av. Revolución 5 de Mayo	9	115
60	Av. Revolución Analco	8	115
61	Av. Revolución M Matamoros	8	115
62	Av. Revolución José Luis Verdia	8	115
63	Av. Revolución Fco. Silva Romero - Jazmín	9	115
64	Av. Revolución Constancia	11	115
65	Av. Revolución Belisario - Calzada del Ejercito	12	115
66	Av. Revolución Dr. Pérez Arce	12	105
67	Av. Revolución Corregidora	13	125
68	Av. Revolución Manuel de Nimbela	10	125
69	Av. Revolución Irineo Paz	11	130
70	Av. Revolución Calzada Olímpica - José María Lafragua	11	130
71	Av. Revolución Fray Antonio de Segovia	10	110
72	Av. Revolución Pedro Satani	12	127
73	Av. Revolución Silverio García	12	120
74	Av. Revolución Fontaneros	11	110
75	Av. Revolución General Carlos Fuero	9	110
76	Av. Revolución Rafael Delgado	10	106
77	Av. Revolución Ramón Lopez Velarde	15	110
78	Av. Revolución Carpinteros - Ejido	9	110
79	Av. Revolución Charro - Norte	18	130
80	Av. Revolución Charro - Sur	15	130
81	Av. Silva Romero Rio Nilo	14	130
82	Av. Silva Romero Zalatlán	8	130
83	Av. Silva Romero Rosales	8	130
84	Av. Silva Romero Av. Hidalgo	10	110
85	Av. Silva Romero Zaragoza	6	130
86	Av. Silva Romero Privada de Tonalá	10	110
87	Av. Silva Romero Tonalá - Morelos	11	110
88	Av. Silva Romero Niños Héroes	10	110

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 2.2.2 RED DE TRANSPORTE PÚBLICO

Como parte de los estudios de movilidad, se realizó un *Inventario de Rutas*, que sirvió para conocer los servicios de transporte público que se prestan en la zona de estudio. Como área de influencia se consideró una longitud de 1,000 metros de distancia del corredor antes descrito.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

### *i. Metodología para la identificación de rutas de transporte público*

A partir de los trabajos de campo, se determinó la ubicación de las bases (cierres de circuito) de las rutas. Para identificar los derroteros de las rutas se realizaron, al menos, dos recorridos en cada una de estas, registrando las calles y sentidos de circulación de los vehículos.

La información recopilada durante el inventario serviría para determinar la ubicación de los puntos de parada del sistema de transporte público. Sin embargo, en el caso de estudio, los puntos de parada no están definidos claramente y la operación se realiza mediante paradas continuas o paradas a petición del usuario. Para definir los puntos de parada o de control de los recorridos inventariados que fueron integrados al modelo de simulación, se recurrió a la encuesta *Ascenso y Descenso*.

Los resultados de los trabajos de campo enfocados al transporte público fueron:

- La identificación de bases y derroteros de las rutas
- Estimación de la densidad de rutas en el corredor y en vialidades transversales que influyen determinadamente en el flujo de vehículos de las avenidas analizadas.
- Identificación de la nomenclatura e identificación de cada ruta en la operación.
- Medición de la longitud de ruta y tipo de vehículo predominante en la prestación del servicio.
- Y la identificación del nombre de la empresa prestadora del servicio.

Esta información fue cargada en una base de datos para el *Sistema de Información Geográfica (SIG) TransCad*. En éste proceso fue necesario realizar ajustes y actualizaciones a la red vial básica, de tal forma que se integrara la información citada anteriormente<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> En el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano*, se encuentra el desarrollo del modelo de transporte en situación actual en donde se describen las características del mismo servicio.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

Una vez que la información de todos los recorridos se verificó y actualizó en el sistema *TransCad*, se elaboraron los planos siguientes:

- Cobertura de la red, con lo cual se identificaron las áreas que no son atendidas, de acuerdo con parámetros de distancias de caminata comúnmente utilizados (accesibilidad al sistema).
- Superposición y concentración de rutas en corredores y áreas específicas de la ciudad.

### *ii. Resultados de la identificación del transporte público*

Se identificaron los recorridos de 194 rutas de transporte público colectivo que operan en la ZMG. Sin embargo, de estas rutas fue necesario seleccionar aquellas que tienen alta incidencia sobre el corredor estudiado y su zona de influencia, con la finalidad de conocer con mayor precisión qué rutas contribuyen directamente en la oferta de transporte de pasajeros en el corredor, sus orígenes y/o destinos y la disponibilidad de servicios que brindan. Esta identificación de derroteros se complementó con datos como velocidades medias de recorrido de las rutas de transporte y otros indicadores de tránsito.

Como resultado del análisis, se seleccionaron 93 rutas con alta incidencia en la zona de influencia del corredor.

Además, está previsto que interactúen las dos líneas existentes de Tren Ligero y la línea 1 del Macrobus, con la oferta y demanda de pasajeros del corredor analizado.

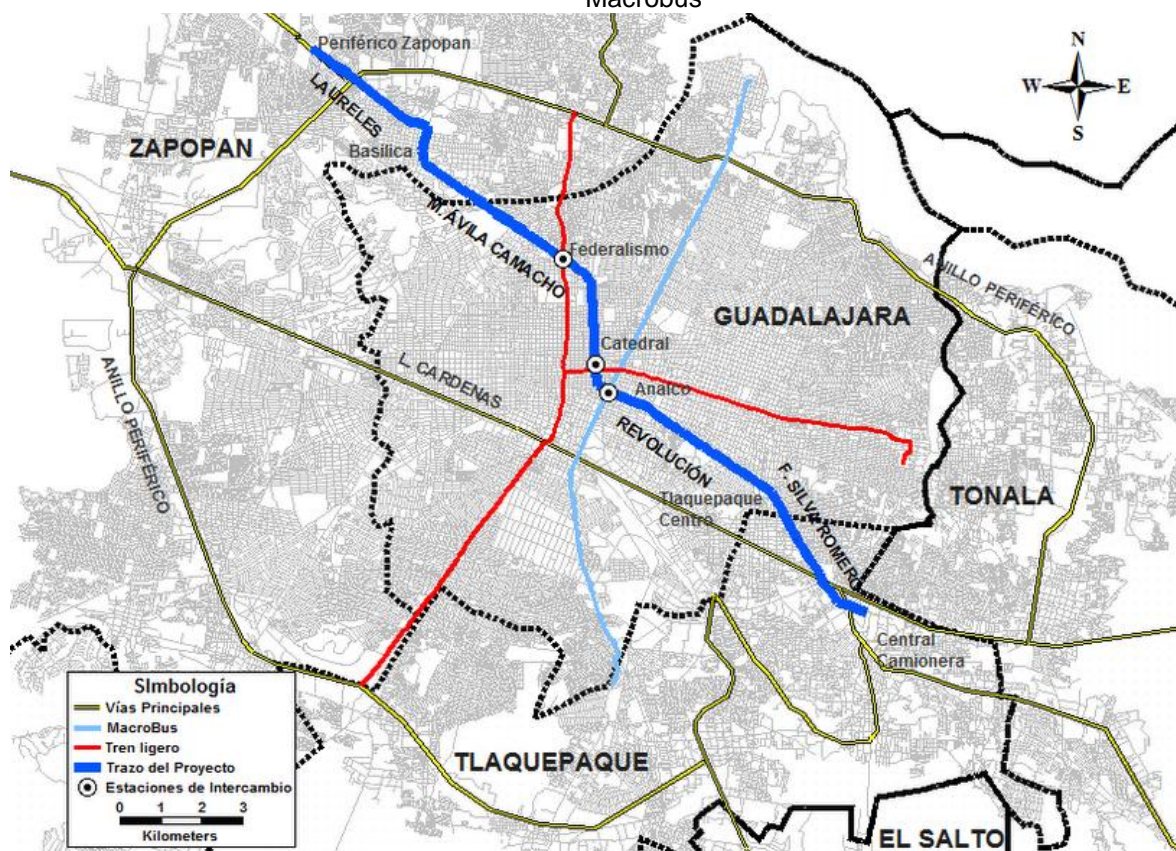
---

y criterios de elección de rutas con base en las encuestas origen-destino elaboradas, *Sección 1.2.3 Modelo de simulación de la oferta y demanda de transporte* (pág. 232).



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 4** Corredor analizado y su interacción con la línea 1 y 2 del Tren Ligero y la línea 1 del Macrobus



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

A continuación se presentan las rutas identificadas como de influencia en el corredor analizado, el tipo y la cantidad de vehículos que operan.



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 4** Rutas con influencia en el corredor analizado

Código de ruta	Tipo de ruta	Ruta	Tipo de vehículo	Flota operativa
13	Convencional	Tesistan - Colonia Constitución - Periférico - Jalisco	A	19
19	Convencional	Tonalá - Periférico - Oblatos - Estadio - Zoquipan - Zapopan - Santa Teresa	A	16
24	Convencional	Santa Margarita - Zapopan - Colomos - Lopez Mateos - Santa Ana Tepetitlán	A	18
25	Convencional	Guadalupe - Patria - Circunvalación - Colonia Jalisco	A	36
33	Convencional	Zalatitan - San Juan Bosco - Hospital Civil Viejo - Av. México	A	15
39	Convencional	Centro - San Juan Bosco - Hermosa Provincia - Zalatitan - Tonalá	A	12
45	Convencional	Zalatitan - Tetlán - Gómez Farías - Centro	A	9
50	Convencional	Carretera A Saltillo - Batán - Mezquitán - Centro - 8 De Julio - Santa María	A	13
52	Convencional	Guadalupe - Galerías - Patria - Circunvalación - Lomas Del Rio Verde	A	38
54	Convencional	Miravalle - Zona Industrial - Centro - Alcalde - La Experiencia	A	19
55	Convencional	Rio Nilo - 5 De Febrero - Del Fresno - Mariano Otero - Patria - Jardines De Guadalupe	A	29
59	Convencional	Loma Dorada - Central Nueva - Lázaro Cárdenas - Mariano Otero - Guadalupe	A	27
78	Convencional	Álamo - Rivas Guillen - Oblatos - Periférico - San Isidro	A	42
110	Convencional	Rancho Nuevo - Normalistas - Alcalde - Centro	A	13
136	Convencional	Lomas De San Pedrito - Álamo - Electricistas - Gómez Farías - Central Vieja	A	23
142	Convencional	Tabachines - Constitución - Mezquitán - Centro - Zona Industrial	A	14
161	Convencional	Taray - Tesistan - Carretera A Tesistan - Zapopan	A	6
163	Convencional	San José Ejidal - Carretera A Tesistan - Zapopan	A	17
174	Convencional	Panteón Nuevoancho Nuevo - Mezquitán - Centro -	A	11
178	Convencional	El Salto evolución - Centro Medico	A	9
190	Convencional	Santa Margarita - Zapopan - Americas - Centro - 8 De Julio	A	7
200	Convencional	Panteón Nuevo - Circunvalación - Ávila Camacho - Parres Áreas - Villas Del Mirador	A	18
207	Convencional	Central Nueva evolución - Belisario - Huentitán	A	19
214	Convencional	Parque De La Solidaridad - Gómez Farías - Centro - Moderna - Cruz Del Sur	A	25
231	Convencional	Carretera A Saltillo - Alcalde evolución - Tonalá	A	12
330	Convencional	Tonalá - Tlaquepaque - Gómez Farías - Centro	A	15
333	Convencional	Tonalá - Loma Dorada - Tlaquepaque - Central Vieja	A	11
605	Convencional	Mezquitán - Oblatos - Periférico - Tonalá	A	31
611	Convencional	Central Nueva evolución - San Jacinto - Hermosa Provincia - San José Rio Verde	A	27
615	Convencional	Tonalá - Loma Dorada - Tlaquepaque - Central Vieja - Gómez Farías - Cucei	A	25
616	Convencional	Central Nueva - Tlaquepaque - 2 Templos	A	23
631	Convencional	Jardines Del Valle - Ávila Camacho - La Normal	A	22
634	Convencional	Centinela - Arcos De Zapopan - Zapopan - Américas - Moderna	A	44
637	Convencional	Tabachines - Constitución - División Del Norte - Alcalde - Centro	A	11
643	Convencional	Urbi - Periférico - Central Nueva - Álamo - Echeverría	A	11
647	Convencional	Lomas Del Tapatio - Tlaquepaque - García Barragán - Centro	A	21
706	Convencional	Tesistan - Santa Margarita - Patria - Vallarta - Centro	P	16
709	Convencional	Central Nueva - Medrano - Minerva Iteos	P	13
110A	Convencional	Huentitán - Vía Mezquitán - Centro	A	9
136A	Convencional	Álamo - Gómez Farías - Central Vieja	A	14
142_A	Convencional	Tabachines - Constitución - Mezquitán Centro	A	15
161_TARAY	Convencional	Taray - Tesistan - Carretera Tesistan - Zapopan	A	7
178_V2	Convencional	Central Vieja - Revolución	A	3
187_CENTRAL_NUEVA	Convencional	Tlajomulco - Lopez Mateos - Mariano Otero - Central Vieja	A	22
19A	Convencional	Loma Dorada - Hermosa Provincia - Circunvalación - Estadio - Patria - Ávila Camacho - Periférico - Santa Tere	A	13
231_A	Convencional	Mesa Colorada Poniente - Alcalde - Centro - Revolución - Centro - Rio Nilo	A	2
231_C	Convencional	Mesa Colorada Oriente - Alcalde - Centro - Revolución - Centro - Rio Nilo	A	8
275_B_SANTIBANEZ	Convencional	Santibañez - Central Nueva - Tlaquepaque - García Barragán - Centro	A	14
275_B_VERDE	Convencional	Verde - Central Nueva - Tlaquepaque - García Barragán - Centro	A	23
275_CONOS	Convencional	Tesistan - Carretera A Tesistan - Zapopan	A	5
275_DIAGONAL	Convencional	Tonalá - Revolución - Alcalde - Ávila Camacho - Santa Margarita	A	16
275_F_TESISTAN	Convencional	Tesistan - Zapopan - Normal - Centro	A	14
330A	Convencional	Francisco Villa - Camichines - Tlaquepaque - Gomez Farías - Centro	A	8
333_A	Convencional	Loma Dorada - Tlaquepaque - González Gallo - Centro	A	20
45 - A	Convencional	Zalatitan - Gomez Farías - Centro	A	9
50_B	Convencional	La Gigantera - 8 De Julio - Federalismo - Tabachines	A	26

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Código de ruta	Tipo de ruta	Ruta	Tipo de vehículo	Flota operativa
51_C	Convencional	Loma Dorada - Centro - Providencia - Pablo Neruda - Patria - Santa Margarita	A	20
51_MIRADORxEDUCADO RES	Convencional	Tonalá - Parque De La Solidaridad - Pensador Mexicano - Cuitláhuac - Colonia Americana	A	16
51_MIRADORxLOMA_DORADA	Convencional	Loma Dorada - Parque De La Solidaridad - Tetlan - Cuzei - Centro - Moderna	A	17
52_A	Convencional	Batan - Alcalde - Centro - 8 De Julio - Buenos Aires	A	15
52_A_BUENOS	Convencional	Batan - Alcalde - Centro - 8 De Julio - Buenos Aires	A	6
52_B	Convencional	Experiencia - Alcalde - Centro - Echeverría	A	21
52_C	Convencional	Centro - 8 De Julio - Nueva Santa María	A	23
52_D	Convencional	Coronilla - Alcalde - Centro	A	18
54_A_CASTILLO	Convencional	Castillo - El Verde - El Vergel - Zona Industrial - Centro	A	12
603 - B	Convencional	Panteón Nuevo - Centro Medico - Centro	A	13
604 - A	Convencional	Camichines - San Rafael - Circunvalación - Colomos	A	24
614_ROSARIO	Convencional	Central Vieja - Aldama - Zalatlán - Tonalá	A	16
614 - BOSQUES	Convencional	Central Vieja - Aldama - Zalatlán - Tonalá	A	16
619_CHULAVISTA	Convencional	Central Nueva - Álamo - Periférico - Adolf Horn - Chulavista	A	14
619_PALOMAR	Convencional	Central Nueva - Álamo - Periférico - Lopez Mateos	A	38
629_B	Convencional	Centro - Minerva - Galerías - Colli	A	14
631A	Convencional	Parque Real - Ávila Camacho - La Normal	A	10
633_AGUJAS	Convencional	Agujas - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	A	21
633_BASE	Convencional	Base Aérea - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	A	2
633_PALERMO	Convencional	Palermo - Carretera A Tesistan - Alcalde - Centro	A	15
633_SAN_GONZALO	Convencional	San Gonzalo - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	A	8
633_VILLAS	Convencional	Villas - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	A	13
636_A_CORONILLA	Convencional	Coronilla - Tabachines - Normal - Centro	A	25
636_A_LA_MESA	Convencional	Mesa Colorada - Tabachines - Normal - Centro	A	37
636 - A	Convencional	Hacienda Del Valle - Cuzei - Constitución - Normal - Centro	A	35
636 - VALDEPENAS	Convencional	Valdepeñas - Cuzei - Constitución - Normal - Centro	A	13
644_A_JUNTAS_INDUSTRIAL	Convencional	Colonia Artesanos - Álamo - Gonzalez Gallo	A	11
644_B_CARRIL	Convencional	Carril - Revolución - Centro	A	10
644_B_JAUJA	Convencional	Jauja - Revolución - Centro	A	7
644_B_KM13	Convencional	Las Pintitas - Álamo - Gonzalez Gallo - Centro	A	19
644_B_PENAL	Convencional	Penal - Revolución - Centro	A	11
644_B_SAN_MARTIN	Convencional	San Martin - Revolución - Centro	A	8
644_B_SANTA_ISABEL	Convencional	Santa Isabel - Revolución - Centro	A	10
644B_DIRECTO_COLONIA A	Convencional	2 Templos - Revolución - Colonia	A	15
647A	Convencional	Tlaquepaque - García Barragán - Centro	A	5
706_A	Convencional	Tesistan - Carretera A Tesistan - Periférico - Federalismo - Alcalde - Centro	P	11
80A	Convencional	San Pedrito - Central Nueva evolucion - Oblatos - Huentitan	A	11
MACROBUS	BRT	Mirador - Fray Angélico	Ar	22
MACROBUS_EXPRES	BRT	Fray Angélico - Juan Álvarez	Ar	8
TREN_L1	Tren Ligero	Periférico Norte - Periférico Sur	T	13
TREN_L2	Tren Ligero	Juárez 2 - Tetlán	T	7

A: Autobús; P: Padrón; Ar: Autobús articulado; T: Tren

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

En la siguiente figura se muestra la acumulación de rutas sobre el corredor analizado. Se aprecia que en la zona centro de Guadalajara es donde existe mayor superposición de rutas y por lo tanto, es una de las áreas con mayor congestión del corredor.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 5** Acumulación de rutas en el Centro de Guadalajara



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 2.2.3 TRANSPORTE PRIVADO

Con base a las estadísticas históricas del INEGI, se estimó que en el año 2012, la ZMG tenía registrados 1,321,300 vehículos particulares.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 5** Vehículos particulares en la ZMG

Año	Automóviles particulares
1997	477,212
1998	506,662
1999	492,319
2000	561,521
2001	595,548
2002	736,988
2003	793,505
2004	845,399
2005	901,575
2006	975,471
2007	1,043,944
2008	1,127,370
2009	1,159,152
2010	1,199,529
2011*	1,260,415
2012*	1,321,300

\*Dato estimado a partir del método de mínimos cuadrados ordinarios

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El transporte privado convive paralelamente con el sistema de transporte público -descrito anteriormente-, y ambos modos comparten la misma infraestructura vial<sup>8</sup>. Por lo tanto, el transporte público y el privado utilizan la misma red vial y comparten las características físicas de ésta.<sup>9</sup>

### 2.2.4 ASIGNACIÓN DE RUTAS

Una vez que se contó con la información, de la oferta, relacionada a las vialidades, la red de transporte público, y los vehículos particulares, esta se integra en un Sistema de Información Geográfica (SIG), en este caso se empleó el software *TransCAD*., el cual es una herramienta que permite realizar análisis espaciales de la demanda del transporte.

<sup>8</sup> Salvo en el caso Tren Ligero y de los carriles exclusivos del Macrobus.

<sup>9</sup> En el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano*, se encuentra el desarrollo del modelo de transporte en situación actual en donde se describen las características del mismo servicio.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

*TransCAD* fue usado para representar la oferta (la red vial y el transporte público colectivo y privado) y como base de información para las modelaciones de interacción de oferta y demanda. El modelo de simulación creado para el presente estudio se introdujo en el software *VISUM*, que permite la simulación de flujos de demanda en redes de transporte complejas tanto de usuarios de transporte privado (automóvil), de transporte público o mixto.

*VISUM* permite la elaboración modelos de simulación de infraestructura del transporte empleando el método de las cuatro etapas, así como diversos métodos de asignación de la demanda que permiten al usuario elegir el que más se asemeje a las condiciones específicas requeridas por cada proyecto.<sup>10</sup>

### **2.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

En el análisis de la demanda se presentarán, en primer lugar, los resultados de las diferentes encuestas encuesta origen – destino, realizadas en la ZMG. En la segunda parte detalla la operación de tránsito del área de estudio.

#### **2.3.1 ENCUESTAS ORIGEN DESTINO**

Uno de los insumos principales de los estudios de transporte son las encuestas origen-destino; éstas pueden realizarse de dos formas:

- La primera, realizada mediante encuestas en los hogares y un proceso de modelación econométrica (usualmente modelo de 4 etapas o de elección discreta). Estos tipos de modelos se utilizan para determinar estrategias integrales y multimodales (transporte privado y público principalmente) para un horizonte de mediano y largo plazo. El diseño, logística, aplicación, procesamiento y análisis de las encuestas en los hogares tiene una duración que varía entre 4 y 12 meses; dependiendo del tamaño de la ciudad. Por su parte, la implementación del modelo econométrico toma entre 3 y 8 meses.

---

<sup>10</sup> En el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano*, se encuentra el desarrollo del modelo de transporte en situación actual, incluyendo los criterios de asignación y criterios de elección de rutas con base en las encuestas origen-destino elaboradas, *Sección 1.2.3 Modelo de simulación de la oferta y demanda de transporte*, (pág. 232).

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

- La segunda se enfoca en la zona de influencia de un corredor, ya sea de transporte público, privado o de ambos si se contempla un cambio modal. Esta zona puede cubrir un área importante de la ciudad, como fue el caso para el proyecto en estudio.

Con este análisis enfocado a un corredor de transporte y debido a que la evaluación del proyecto se realiza a nivel de factibilidad, se requiere un análisis detallado en cada tramo del corredor, que se logra alcanzar con una encuesta Origen-Destino a bordo, complementada con otras del tipo Ascenso-Descenso y Frecuencia y Ocupación Vehicular. La encuesta origen-destino de usuarios de transporte público tiene como objetivo determinar las características de los deseos de viaje, de manera que se identifiquen las características de la movilidad (origen, destino, perfil de viaje, modos de transporte utilizados, tiempos y costos invertidos, horarios y frecuencias, motivo de viaje, tarifa, entre otros).<sup>11</sup>.

Para conocer los deseos de viaje de los usuarios de la red vial de la ZMG<sup>12</sup>, fue necesaria la aplicación de *Encuestas Origen - Destino*<sup>13</sup> (OD), tanto para el transporte público, - en la modalidad de a bordo de las unidades tipo autobús; y complementaria en las estaciones del Tren Ligero y del Macrobús -, como para el transporte privado (vehículos privados y taxis).<sup>14</sup>

A continuación se presentan los objetivos de la encuesta OD, así como los resultados obtenidos<sup>15</sup>.

---

<sup>11</sup> Adicionalmente, se realizaron Encuestas Origen-Destino y de Preferencia Declarada a los usuarios de los taxis y automóviles para estimar el cambio modal. Debe mencionarse que la implementación de encuestas en los hogares, que se aplica a una ciudad no alcanza la precisión necesaria para un proyecto focalizado a nivel factibilidad.

<sup>12</sup> Para el análisis de demanda no se consideraron series históricas de matrices de viaje en la Zona Metropolitana de Guadalajara debido a que no se identificó que existiera esta información.

<sup>13</sup> Las encuestas OD reflejan la percepción de los usuarios, que puede o no coincidir con la realidad, principalmente en los tiempos de recorrido.

<sup>14</sup> Se llevó a cabo una encuesta de preferencia declarada, en la que se identificaron los hábitos actuales de movilidad de los usuarios de transporte público asociados a las alternativas de movilidad que proveía el sistema de transporte masivo propuesto. La descripción del proceso se encuentra en el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano, Sección 1.2.2.4 Encuestas de preferencia declarada*, pág. 191.

<sup>15</sup> Los resultados correspondientes a las encuestas indicadas, se encuentran en el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan,*



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

### i. *Objetivos de las encuestas origen destino*

Como herramienta para identificar la movilidad de la población de la ZMG, fue realizada la *Encuesta Origen–Destino*, cuyo objetivo fue conocer:

1. Los desplazamientos realizados por la población.
2. Modo en que se transportan los habitantes de la ZMG.
3. Los transbordos necesarios.
4. Tiempos y costos de transportación.
5. Motivos y frecuencia de los viajes.

En la siguiente tabla se muestran el total de encuestas aplicadas y validadas, por modo de transporte.

**Tabla 6** Encuestas aplicadas y validadas por modo de transporte

Tipo de Transporte	Tipo de encuesta	Programadas	Aplicadas	Validadas
Transporte Público	A bordo		13,168	12,853
Transporte Público	Complementarias		16,032	15,959
<b>Total de encuestas transporte público</b>		<b>25,000</b>	<b>29,200</b>	<b>28,812</b>
Transporte Privado	Taxi y automovilistas	20,000	20,073	19,988
<b>Total de encuestas</b>			<b>49,273</b>	<b>48,800</b>

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### ii. *Resultados de las encuestas en transporte público*

#### a) *Transbordos antes de la encuesta*

De los usuarios encuestados a bordo, 11,292 pasajeros (88%) no realiza transbordo previo a la unidad donde fue encuestado; mientras que 1,561 (12%) si realizó algún transbordo antes de abordar el autobús en donde fue encuestado.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Respecto a los usuarios encuestados en las estaciones del Tren Ligero y el Macrobús, 11,072 (69%) no realiza algún transbordo previo a la encuesta. Los 4,887 (31%) usuarios restantes encuestados, si realizó algún transbordo antes de responder el cuestionario.

### b) Transbordos después de la encuesta

De los usuarios encuestados a bordo, 11,424 (89%) no realiza transbordo posterior. Los otros 1,429 (11%) si realizaría algún transbordo después de abordar el autobús en donde fue encuestado.

En la encuesta complementaria, 12,662 (79%) usuarios no realiza ningún transbordo posterior, mientras que 3,297 (21%) personas, si tenía contemplado realizar algún transbordo después de llegar a la estación en donde fue encuestado.

### c) Tiempo de transbordo

Respecto al tiempo de transbordo, el promedio es de 11.07 minutos, con un valor mínimo promedio de 9.2 minutos y un valor máximo promedio de 13 minutos.

**Tabla 7** Tiempo de transbordo en las rutas de transporte público

Rango de minutos	Encuesta a bordo		Encuesta complementaria	
	Antes	Después	Antes	Después
1 a 5	37.66%	37.15%	50.90%	50.18%
6 a 15	29.32%	31.74%	31.43%	33.82%
16 a 25	12.81%	13.21%	8.13%	7.79%
más de 25	20.20%	17.91%	9.53%	8.21%
Total general	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
<b>Tiempo promedio</b>	<b>13.0</b>	<b>12.7</b>	<b>9.4</b>	<b>9.2</b>

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### d) Gasto diario en transporte, encuesta a bordo

El gasto diario en los servicios de transporte público de ruta fija de Guadalajara se ubicó en promedio en 18.39 pesos; el 50.88% de los pasajeros paga 12 pesos.

En el rango de gasto diario por usuario, más de la mitad de los encuestados (58.39%) realizan un gasto menor o igual a 12 pesos.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 8** Gasto diario en transporte (encuesta a bordo)

Rango de gasto en pesos	Personas	Proporción
<=12	7,401	58.39%
13 - 24	3,754	29.62%
25 - 48	1,169	9.22%
49 - 96	287	2.26%
>96	64	0.50%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

e) *Gasto diario en transporte, encuesta complementaria*

En lo que al gasto en transporte público obtenido de la encuesta complementaria, el 42.72% de los encuestados gasta menos de 12 pesos en sus viajes; por el contrario, el .5% de los encuestados gastó 96 pesos o más en sus viajes.

**Tabla 9** Gasto diario en transporte (encuesta complementaria)

Rango de gasto en pesos	Personas	Proporción
<=12	6,703	42.72%
13 - 24	6,194	39.48%
25 - 48	2,152	13.72%
49 - 96	515	3.28%
>96	126	0.80%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

f) *Motivo de viaje*

Tanto en las encuestas OD a bordo y como en las encuestas OD en las estaciones del Tren Ligero y el Macrobus, se encontró que el mayor número de viajes pertenece al motivo "otros" con un 38.25%, seguido del motivo "trabajo" con 25.87%, "compras" con 14.05%, "estudio" con 13.49% y finalmente "diversión" con 8.35%.

**Tabla 10** Motivo de viaje en transporte público

Motivo de viaje	A bordo		Complementaria		Promedio
Trabajo	7,111	26.14%	8,726	25.60%	25.87%
Estudio	3,816	14.03%	4,414	12.95%	13.49%
Compras	3,642	13.39%	5,013	14.71%	14.05%
Diversión	1,860	6.84%	3,360	9.86%	8.35%
Otro	10,775	39.61%	12,575	36.89%	38.25%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

g) *Tiempo de caminata, de espera y de viaje*

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Del número de usuarios encuestados, el 68% caminó para llegar a la parada de la unidad de transporte entre 1 y 5 minutos, y el 24.79% entre 6 y 10 minutos. Los porcentajes de usuarios con caminatas mayores son 4.56% para caminatas de entre 11 y 15 minutos y de 2.65% para mayores a 15 minutos.

En promedio, los usuarios encuestados a bordo, caminan 4.91 minutos y el tiempo de caminata promedio para los encuestados en las estaciones del Tren Ligero y el Macrobus es de 5.26 minutos.

**Tabla 11** Tiempo de caminata para abordar unidades de transporte por tipo de encuesta (porcentaje)

Tiempo de caminata inicial en minutos	A bordo		Complementaria		Promedio
1 a 5	8,735	68.90%	10,554	67.10%	68.00%
6 a 10	3,249	25.63%	3,768	23.96%	24.79%
11 a 15	458	3.61%	867	5.51%	4.56%
más de 15	236	1.86%	540	3.43%	2.65%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Para el caso de la caminata de la parada de ruta de transporte público al destino, se obtuvo que el 59.78% de los usuarios encuestados tuvieron tiempos de caminata de entre 1 y 5 minutos, y un 29.30% de entre 6 y 10 minutos.

En general, se observa que la caminata desde la parada de transporte público hasta el destino, es en promedio 5.61 minutos para las personas encuestadas a bordo y de 5.87 minutos para las personas encuestadas en las estaciones complementarias. Como resultado se obtuvo un tiempo promedio de caminata para llegar a su destino de 5.74 minutos.

**Tabla 12** Tiempo de caminata desde las unidades de transporte público hasta el destino (porcentaje)

Tiempo de caminata final en minutos	A bordo		Complementaria		Promedio
1 a 5	7,692	61.09%	9,180	58.46%	59.78%
6 a 10	3,647	28.96%	4,654	29.64%	29.30%
11 a 13	815	6.47%	1,235	7.87%	7.17%
más de 15	438	3.48%	633	4.03%	3.75%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Del número de usuarios encuestados, el 54.7% esperó a la unidad de transporte entre 1 y 5 minutos, el 38.23% entre 5 y 15 minutos, el 5.0% para una espera de entre 16 y 25 minutos y 2.07% de los encuestados esperó más de 25 minutos.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 13** Tiempo de espera de unidades de transporte público

Tiempo de espera en minutos	A bordo		Complementaria		Promedio
1 a 5	6,752	53.15%	8,905	56.24%	54.70%
6 a 15	4,882	38.43%	6,021	38.03%	38.23%
16 a 25	770	6.06%	623	3.93%	5.00%
más de 25	299	2.35%	284	1.79%	2.07%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Respecto al tiempo de viaje de los usuarios encuestados, el 40.84% expresó que su viaje tiene una duración ubicada entre 1 y 30 minutos, seguido de los viajes con duración de entre 31 y 60 minutos con un 41.42%. Las duraciones mayores a 60 minutos representan el 17.74%. La duración promedio de viaje a bordo es de 39.56 minutos.

**Tabla 14** Duración del viaje en transporte público

Tiempo de espera en minutos	A bordo		Complementaria		Promedio
1 a 30	4,918	40.39%	6,546	41.28%	40.84%
31 a 60	5,064	41.59%	6,541	41.25%	41.42%
61 a 90	1,402	11.52%	1,903	12.00%	11.76%
más de 90	791	6.50%	866	5.46%	5.98%
<b>Tiempo promedio</b>	<b>39.91</b>		<b>39.22</b>		<b>39.56</b>

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### *h) Nivel de ingreso*

El 75.76% los usuarios encuestados, expresaron recibir 5,000 pesos mensuales; el 20.52% de los usuarios tienen ingresos entre 5 mil y 10 mil pesos y el 2.97% reciben entre 10 mil y 20 mil pesos. Se estima un ingreso mensual por usuario de 4.8 mil pesos mensuales.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 15** Ingreso mensual de los usuarios de transporte público

Ingreso mensual en pesos	A bordo	Complementaria	Promedio
Hasta 5mil	73.41%	78.12%	75.76%
De 5mil a 10mil	22.20%	18.85%	20.52%
De 10mil a 20mil	3.30%	2.64%	2.97%
De 20mil a 30mil	0.69%	0.35%	0.52%
Más de 30mil	0.41%	0.05%	0.23%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### iii. Resultados de las encuestas en transporte privado

#### a) Motivo de viaje

En el transporte privado el principal motivo de viaje fue “trabajo” con un 72.74%, seguido del motivo “Otro” con 11.96%, “compras” con 7.12%, “estudio” con 5.23% y finalmente “diversión” con 2.95%.

**Tabla 16** Motivo de viaje en transporte privado

Motivo de viaje	Encuestados	Promedio
Trabajo	10,743	72.74%
Estudio	773	5.23%
Compras	1,051	7.12%
Diversión	435	2.95%
Otro	1,767	11.96%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

#### b) Tiempo de viaje

En el tiempo de viaje privado, el 30.95% de los encuestados viaja entre de 21 y 30 minutos, el 23.62% viaja entre 31 y 45 minutos, y el 20.85% viaja entre 11 y 20 minutos.

**Tabla 17** Tiempo de viaje en transporte privado

Tiempo de viaje en minutos	Encuestados	Promedio
1 a 10	973	6.90%
11 a 20	2,942	20.85%
21 a 30	4,367	30.95%
31 a 45	3,333	23.62%
46 a 60	1,481	10.50%
Más de 60	1,015	7.19%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

### c) Viajes por semana

La mayoría de los encuestados (42.05%) expresó realizar entre 4 y 5 viajes semanales en transporte privado; 21.85% de las personas viaja de 6 a 7 veces a la semana y 20.26% viaja de 2 a 3 veces a la semana.

El número promedio de viajes que se realizan por semana 3.97.

**Tabla 18** Viajes a la semana

Viajes por semana	Encuestados	Promedio
1	2,291	15.84%
2 a 3	2,930	20.26%
4 a 5	6,083	42.05%
6 a 7	3,161	21.85%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### d) Gasto en combustible por semana

La mayoría de los usuarios del transporte privado, gastan entre 200 y 300 pesos (22.94%), y 300 y 400 pesos (22.42%). Solamente el 6.64% comentó haber gastado hasta 100 pesos a la semana.

El gasto promedio de combustible por semana en todas las personas encuestadas que usan transporte privado es de 337.58 pesos.

**Tabla 19** Gasto en combustible por semana

Gasto en combustible por semana en pesos	Encuestados	Promedio
Hasta 100	954	6.64%
100 a 200	2,098	14.61%
200 a 300	3,294	22.94%
300 a 400	3,219	22.42%
400 a 500	2,464	17.16%
Más de 500	2,328	16.22%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

### e) Nivel de ingreso

La mayoría de las personas encuestadas en el modo transporte privado, expresaron tener ingresos entre 5 mil y 10 mil pesos (el 42.70%); solamente el 1.27% de las personas encuestadas, respondieron tener ingresos mayores a 30 mil pesos.

El ingreso promedio mensual de los usuarios de transporte privado es de 10.594 mil pesos.

**Tabla 20** Ingreso mensual de los usuarios de transporte público

Ingreso mensual	Encuestados	Promedio
Hasta 5 mil	2,084	22.41%
5 mil a 10 mil	3,971	42.70%
10 mil a 20 mil	2,398	25.78%
20 mil a 30 mil	729	7.84%
Más de 30 mil	118	1.27%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 2.3.2 PRINCIPALES PARES ORÍGENES-DESTINO

A continuación se presentan los pares *Origen - Destino* mayores a 100 viajes, tanto para el transporte público, como para el transporte privado; el centro de Guadalajara sigue como el punto atractor más importante de la zona de influencia del corredor.

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 21** Par Origen - Destino de Viajes (mayor a 100) en transporte público

Zona Origen	Zona Destino	AGEB origen	AGEB destino	Colonia origen	Colonia destino	Municipio origen	Municipio destino	Viajes totales
41	400	1403900014071	1412000016527	LAGOS DEL COUNTRY	JARDINES DE NUEV	Guadalajara	Zapopan	845.74
4	124	1403900011626	1403900011537	ZONA CENTRO	BENITO JUAREZ	Guadalajara	Guadalajara	354.89
122	464	1403900014512	1412000012685	SAN ANDRES	VILLA CORAL	Guadalajara	Zapopan	340.41
35	314	1403900011132	1410100010950	CENTRO BARRANQUI	COMOLEA	Guadalajara	Tonalá	338.21
4	373	1403900011626	1412000010937	ZONA CENTRO	AUDITORIO	Guadalajara	Zapopan	321.03
4	104	1403900011626	1403900011931	ZONA CENTRO	MODELO	Guadalajara	Guadalajara	299.87
81	289	1403900010844	1409800010775	TALPITA	BUENOS AIRES	Guadalajara	Tlaquepaque	291.36
394	397	1412000013452	1412000011846	MIRADOR SAN ISID	ARCOS DE ZAPOPAN	Zapopan	Zapopan	271.44
4	289	1403900011626	1409800010775	ZONA CENTRO	BUENOS AIRES	Guadalajara	Tlaquepaque	270.40
4	119	1403900011626	1403900014298	ZONA CENTRO	BENITO JUAREZ	Guadalajara	Guadalajara	246.83
3	249	1403900011842	1409700010566	AMERICANA	LOMAS DEL SUR	Guadalajara	Tlajomulco de Zúñiga	235.00
303	427	1409800011928	1412000010636	HACIENDAS DE SAN	CIUDAD DEL SOL	Tlaquepaque	Zapopan	235.00
207	262	1407000010030	1409800010879	CENTRO	LOMAS DE SAN PED	El Salto	Tlaquepaque	234.42
4	365	1403900011626	1412000010369	ZONA CENTRO	LOMAS DEL BATAN	Guadalajara	Zapopan	233.85
162	303	1403900015436	1409800011928	POLANCO	HACIENDAS DE SAN	Guadalajara	Tlaquepaque	219.70
400	452	1412000016527	1412000016599	JARDINES DE NUEV	BASE AEREA MILIT	Zapopan	Zapopan	201.23
6	284	1403900011166	1409800010385	LA PERLA	CERRO DEL CUATRO	Guadalajara	Tlaquepaque	193.32
50	370	1403900011560	1412000014183	ARCOS	SAN MIGUEL DE LA	Guadalajara	Zapopan	192.28
241	419	1409708441687	1412000011225	LOMAS DE SAN AGU	CAMICHINES VALLA	Tlajomulco de Zúñiga	Zapopan	187.33
6	187	1403900011166	1403900014921	LA PERLA	RANCHO NUEVO	Guadalajara	Guadalajara	179.20
3	373	1403900011842	1412000010937	AMERICANA	AUDITORIO	Guadalajara	Zapopan	176.74
19	365	1403900012164	1412000010369	MODERNA	LOMAS DEL BATAN	Guadalajara	Zapopan	172.07
80	463	1403900010806	1412000012929	SAN MARTIN	CONSTITUCION	Guadalajara	Zapopan	169.50
261	264	1409800010347	1409800011364	REVOLUCION	EL TAPATIO	Tlaquepaque	Tlaquepaque	167.98
29	503	1403900010666	141200001027A	MEZQUITAN	TEPEYAC	Guadalajara	Zapopan	166.00
262	349	1409800010879	1410100011836	LOMAS DE SAN PED	SAN FRANCISCO DE	Tlaquepaque	Tonalá	161.97
168	416	1403900013783	1412000011193	EL SAUZ	JOCOTAN	Guadalajara	Zapopan	157.32
2	104	1403900011359	1403900011931	ZONA CENTRO	MODELO	Guadalajara	Guadalajara	155.79
124	455	1403900011537	1412000012774	BENITO JUAREZ	BOSQUES DE SAN I	Guadalajara	Zapopan	153.16
62	183	1403900013834	1403900013938	MONUMENTAL	PORTALES DE SANT	Guadalajara	Guadalajara	151.81
2	77	1403900011359	1403900013660	ZONA CENTRO	EL ZALATE	Guadalajara	Guadalajara	150.86
4	148	1403900011626	1403900012713	ZONA CENTRO	COLON INDUSTRIAL	Guadalajara	Guadalajara	150.68
2	366	1403900011359	1412000013043	ZONA CENTRO	VICTOR HUGO	Guadalajara	Zapopan	148.98
194	359	1403900010276	1412000011009	SANTA CECILIA	EL VIGIA	Guadalajara	Zapopan	143.89
35	370	1403900011132	1412000014183	CENTRO BARRANQUI	SAN MIGUEL DE LA	Guadalajara	Zapopan	143.01
289	366	1409800010775	1412000013043	BUENOS AIRES	VICTOR HUGO	Tlaquepaque	Zapopan	139.61
148	303	1403900012713	1409800011928	COLON INDUSTRIAL	HACIENDAS DE SAN	Guadalajara	Tlaquepaque	139.00
229	349	1409700250354	1410100011836		SAN FRANCISCO DE	Tlajomulco de Zúñiga	Tonalá	138.37
292	362	1409800010807	1412000011032	NUEVA SANTA MARI	PEDRO MORENO	Tlaquepaque	Zapopan	137.50
6	179	1403900011166	1403900013891	LA PERLA	HUENTITAN EL BAJ	Guadalajara	Guadalajara	136.95
4	179	1403900011626	1403900013891	ZONA CENTRO	HUENTITAN EL BAJ	Guadalajara	Guadalajara	136.61
179	188	1403900013891	1403900013088	HUENTITAN EL BAJ	JARDINES DE SANT	Guadalajara	Guadalajara	133.74

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Zona Origen	Zona Destino	AGEB origen	AGEB destino	Colonia origen	Colonia destino	Municipio origen	Municipio destino	Viajes totales
4	334	1403900011626	1410100010749	ZONA CENTRO	BOSQUES DE TONAL	Guadalajara	Tonalá	133.14
4	120	1403900011626	1403900011734	ZONA CENTRO	AGUSTIN YÁÑEZ (L	Guadalajara	Guadalajara	132.55
4	85	1403900011626	1403900011397	ZONA CENTRO	OBLATOS	Guadalajara	Guadalajara	131.28
397	452	1412000011846	1412000016599	ARCOS DE ZAPOPAN	BASE AEREA MILIT	Zapopan	Zapopan	129.96
262	419	1409800010879	1412000011225	LOMAS DE SAN PED	CAMICHINES VALLA	Tlaquepaque	Zapopan	128.70
6	120	1403900011166	1403900011734	LA PERLA	AGUSTIN YÁÑEZ (L	Guadalajara	Guadalajara	128.02
12	386	1403900012183	1412000012115	SAN CARLOS	VISTA HERMOSA	Guadalajara	Zapopan	126.98
2	400	1403900011359	1412000016527	ZONA CENTRO	JARDINES DE NUEV	Guadalajara	Zapopan	126.45
28	422	1403900010632	1412000011282	MEZQUITAN COUNTR	CAMINO REAL	Guadalajara	Zapopan	125.49
4	242	1403900011626	1409700050640	ZONA CENTRO	COTO MIRAFLORES	Guadalajara	Tlajomulco de Zúñiga	125.45
4	198	1403900011626	1403900011344	ZONA CENTRO	ZONA CENTRO	Guadalajara	Guadalajara	124.94
83	365	1403900011185	1412000010369	BELISARIO DOMING	LOMAS DEL BATAN	Guadalajara	Zapopan	124.11
4	305	1403900011626	1409700252609	ZONA CENTRO	SANTA ANITA	Guadalajara	Tlaquepaque	121.32
153	162	1403900013533	1403900015436	JOSE CLEMENTE OR	POLANCO	Guadalajara	Guadalajara	116.54
18	340	1403900011857	1410100010363	MEXICALTZINGO	JALISCO I SECC	Guadalajara	Tonalá	115.96
179	186	1403900013891	1403900014423	HUENTITAN EL BAJ	RANCHO NUEVO	Guadalajara	Guadalajara	114.79
19	373	1403900012164	1412000010937	MODERNA	AUDITORIO	Guadalajara	Zapopan	112.94
4	372	1403900011626	1412000012257	ZONA CENTRO	JARDINES DEL POR	Guadalajara	Zapopan	112.68
370	465	1412000014183	1412000010231	SAN MIGUEL DE LA	SANTA MARGARITA	Zapopan	Zapopan	110.40
242	342	1409700050640	1410100010433	COTO MIRAFLORES	SANTA PAULA	Tlajomulco de Zúñiga	Tonalá	109.00
4	366	1403900011626	1412000013043	ZONA CENTRO	VICTOR HUGO	Guadalajara	Zapopan	108.09
11	85	1403900011880	1403900011397	BARRAGAN HERNAND	OBLATOS	Guadalajara	Guadalajara	108.06
230	367	1409700250299	1412000013081	CORTIJO SAN AGUS	LOMAS DE ATEMAJA	Tlajomulco de Zúñiga	Zapopan	106.89
249	449	1409700010566	1412002313838	LOMAS DEL SUR	TESISTAN	Tlajomulco de Zúñiga	Zapopan	106.79
4	126	1403900011626	1403900015101	ZONA CENTRO	TETLAN II	Guadalajara	Guadalajara	106.28
316	373	1410100010931	1412000010937	TONALA CENTRO	AUDITORIO	Tonalá	Zapopan	105.63
19	449	1403900012164	1412002313838	MODERNA	TESISTAN	Guadalajara	Zapopan	104.94
4	386	1403900011626	1412000012115	ZONA CENTRO	VISTA HERMOSA	Guadalajara	Zapopan	104.47
85	399	1403900011397	1412000010975	OBLATOS	VALLE DE SAN ISI	Guadalajara	Zapopan	104.18
360	374	1412000015478	1412000010890	INDUSTRIAL LOS B	TABACHINES	Zapopan	Zapopan	103.54
227	344	1409701800301	1410100010471	EL PALOMAR	SANTA ROSA	Tlajomulco de Zúñiga	Tonalá	101.89
3	29	1403900011842	1403900010666	AMERICANA	MEZQUITAN	Guadalajara	Guadalajara	100.86
4	445	1403900011626	1412000011460	ZONA CENTRO	BUGAMBILIAS COUN	Guadalajara	Zapopan	100.66

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 22** Par Origen - Destino de Viajes (mayor a 100) en transporte privado

Zona Origen	Zona Destino	AGEB origen	AGEB destino	Colonia origen	Colonia destino	Municipio origen	Municipio destino	Generación de viajes	Atracción de viajes	Viajes totales
34	360	1403900011005	1412000015478	EL RETIRO	INDUSTRIAL LOS B	Guadalajara	Zapopan	133.98	501.18	635.16
34	107	1403900011005	1403900012268	EL RETIRO	SUTAJ	Guadalajara	Guadalajara	15.90	444.40	460.30
34	322	1403900011005	1410100010819	EL RETIRO	LOMAS DE LA SOLE	Guadalajara	Tonalá	287.26	170.87	458.13
34	313	1403900011005	1409800010883	EL RETIRO	CENTRO	Guadalajara	Tlaquepaque	88.90	320.70	409.60
34	342	1403900011005	1410100010433	EL RETIRO	SANTA PAULA	Guadalajara	Tonalá	309.10	90.27	399.37
34	505	1403900011005	1412000012613	EL RETIRO	ARCOS DE ZAPOPAN	Guadalajara	Zapopan	161.03	206.31	367.34
34	368	1403900011005	1412000011121	EL RETIRO	SEATTLE	Guadalajara	Zapopan	19.82	339.16	358.98
34	129	1403900011005	1403900012319	EL RETIRO	JARDINES DE LA P	Guadalajara	Guadalajara	122.12	225.34	347.46
34	449	1403900011005	1412002313838	EL RETIRO	TESISTAN	Guadalajara	Zapopan	149.55	178.39	327.94
359	360	1412000011009	1412000015478	EL VIGIA	INDUSTRIAL LOS B	Zapopan	Zapopan	159.59	155.45	315.04
198	316	1403900011344	1410100010931	ZONA CENTRO	TONALA CENTRO	Guadalajara	Tonalá	0.00	279.22	279.22
34	109	1403900011005	1403900012639	EL RETIRO	ATLAS	Guadalajara	Guadalajara	18.27	243.27	261.54
79	360	1403900010789	1412000015478	POSTES CUATES	INDUSTRIAL LOS B	Guadalajara	Zapopan	11.48	226.03	237.51
34	85	1403900011005	1403900011397	EL RETIRO	OBLATOS	Guadalajara	Guadalajara	46.74	177.56	224.30
34	41	1403900011005	1403900014071	EL RETIRO	LAGOS DEL COUNTR	Guadalajara	Guadalajara	0.00	220.97	220.97
34	165	1403900011005	1403900013406	EL RETIRO	5 DE MAYO	Guadalajara	Guadalajara	31.48	184.80	216.28
34	258	1403900011005	1409800010506	EL RETIRO	LOMAS DE TLAQUEP	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	215.20	215.20
34	361	1403900011005	1412000014234	EL RETIRO	CONSTITUCION	Guadalajara	Zapopan	62.18	152.46	214.64
34	374	1403900011005	1412000010890	EL RETIRO	TABACHINES	Guadalajara	Zapopan	15.78	193.80	209.58
16	34	1403900011607	1403900011005	AMERICANA	EL RETIRO	Guadalajara	Guadalajara	163.90	42.19	206.09
365	449	1412000010369	1412002313838	LOMAS DEL BATAN	TESISTAN	Zapopan	Zapopan	203.16	0.00	203.16
313	322	1409800010883	1410100010819	CENTRO	LOMAS DE LA SOLE	Tlaquepaque	Tonalá	107.60	94.48	202.08
34	401	1403900011005	1412000016508	EL RETIRO	NUEVO MEXICO	Guadalajara	Zapopan	0.00	201.13	201.13
8	115	1403900011382	1403900011471	SAN JUAN DE DIOS	LAGOS DE ORIENTE	Guadalajara	Guadalajara	0.00	200.17	200.17
29	167	1403900010666	1403900013694	MEZQUITAN	EL ALAMO	Guadalajara	Guadalajara	0.00	200.17	200.17
29	342	1403900010666	1410100010433	MEZQUITAN	SANTA PAULA	Guadalajara	Tonalá	0.00	200.17	200.17
43	125	1403900010596	1403900015099	ITALIA PROVIDENC	ALDAMA TETLAN	Guadalajara	Guadalajara	0.00	200.17	200.17
56	233	1403900010115	1409700350138	SANTA ELENA ALCA	SANTA CRUZ DEL V	Guadalajara	Tlajomulco de Zúñiga	0.00	200.17	200.17
61	323	1403900010401	1410100010999	INDEPENDENCIA	LOMAS DEL MANANT	Guadalajara	Tonalá	0.00	200.17	200.17
34	61	1403900011005	1403900010401	EL RETIRO	INDEPENDENCIA	Guadalajara	Guadalajara	19.82	173.40	193.22
34	64	1403900011005	1403900010454	EL RETIRO	SAN VICENTE	Guadalajara	Guadalajara	0.00	192.25	192.25
61	129	1403900010401	1403900012319	INDEPENDENCIA	JARDINES DE LA P	Guadalajara	Guadalajara	54.80	132.73	187.53
85	104	1403900011397	1403900011931	OBLATOS	MODELO	Guadalajara	Guadalajara	97.61	89.67	187.28
34	394	1403900011005	1412000013452	EL RETIRO	MIRADOR SAN ISID	Guadalajara	Zapopan	0.00	185.26	185.26
61	465	1403900010401	1412000010231	INDEPENDENCIA	SANTA MARGARITA	Guadalajara	Zapopan	0.00	181.32	181.32
34	370	1403900011005	1412000014183	EL RETIRO	SAN MIGUEL DE LA	Guadalajara	Zapopan	42.32	136.53	178.85
34	403	1403900011005	1412000013274	EL RETIRO	JARDINES DEL VAL	Guadalajara	Zapopan	0.00	173.08	173.08
34	254	1403900011005	1409800010050	EL RETIRO	LINDAVISTA	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	169.38	169.38
107	129	1403900012268	1403900012319	SUTAJ	JARDINES DE LA P	Guadalajara	Guadalajara	143.32	25.08	168.40
34	119	1403900011005	1403900014298	EL RETIRO	BENITO JUAREZ	Guadalajara	Guadalajara	44.53	123.69	168.22
28	34	1403900010632	1403900011005	MEZQUITAN COUNTR	EL RETIRO	Guadalajara	Guadalajara	142.55	24.56	167.11
361	505	1412000014234	1412000012613	CONSTITUCION	ARCOS DE ZAPOPAN	Zapopan	Zapopan	74.68	92.40	167.08
85	313	1403900011397	1409800010883	OBLATOS	CENTRO	Guadalajara	Tlaquepaque	22.27	140.39	162.66
31	34	1403900010952	1403900011005	VILLA SEÑOR	EL RETIRO	Guadalajara	Guadalajara	161.51	0.00	161.51
129	258	1403900012319	1409800010506	JARDINES DE LA P	LOMAS DE TLAQUEP	Guadalajara	Tlaquepaque	34.70	126.67	161.37
34	142	1403900011005	1403900013707	EL RETIRO	ALAMO INDUSTRIAL	Guadalajara	Guadalajara	18.27	137.26	155.53
360	410	1412000015478	1412000010617	INDUSTRIAL LOS B	SAN JUAN DE OCOT	Zapopan	Zapopan	152.38	0.00	152.38
137	359	1403900012427	1412000011009	MORELOS	EL VIGIA	Guadalajara	Zapopan	149.55	0.00	149.55
423	505	1412000010547	1412000012613	JARDINES DE SAN	ARCOS DE ZAPOPAN	Zapopan	Zapopan	149.55	0.00	149.55
449	452	1412002313838	1412000016599	TESISTAN	BASE AEREA MILIT	Zapopan	Zapopan	149.55	0.00	149.55

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Zona Origen	Zona Destino	AGEB origen	AGEB destino	Colonia origen	Colonia destino	Municipio origen	Municipio destino	Generación de viajes	Atracción de viajes	Viajes totales
449	501	1412002313838	1412000010265	TESISTAN	ZAPOPAN CENTRO	Zapopan	Zapopan	149.37	0.00	149.37
34	244	1403900011005	1409700010513	EL RETIRO	SIN NOMBRE	Guadalajara	Tlajomulco de Zúñiga	30.77	118.32	149.09
19	61	1403900012164	1403900010401	MODERNA	INDEPENDENCIA	Guadalajara	Guadalajara	39.78	108.52	148.30
109	129	1403900012639	1403900012319	ATLAS	JARDINES DE LA P	Guadalajara	Guadalajara	33.32	110.00	143.32
316	360	1410100010931	1412000015478	TONALA CENTRO	INDUSTRIAL LOS B	Tonalá	Zapopan	32.56	109.74	142.30
360	373	1412000015478	1412000010937	INDUSTRIAL LOS B	AUDITORIO	Zapopan	Zapopan	136.53	2.84	139.37
360	449	1412000015478	1412002313838	INDUSTRIAL LOS B	TESISTAN	Zapopan	Zapopan	39.99	98.58	138.57
34	126	1403900011005	1403900015101	EL RETIRO	TETLAN II	Guadalajara	Guadalajara	57.97	80.20	138.17
11	129	1403900011880	1403900012319	BARRAGAN HERNAND	JARDINES DE LA P	Guadalajara	Guadalajara	90.01	47.35	137.36
29	444	1403900010666	1412000012524	MEZQUITAN	EL BRISEÑO	Guadalajara	Zapopan	0.00	136.53	136.53
34	280	1403900011005	1409800011218	EL RETIRO	EL VERGEL	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	136.53	136.53
34	393	1403900011005	1412000016724	EL RETIRO	LOMAS DE SAN GON	Guadalajara	Zapopan	0.00	136.53	136.53
43	280	1403900010596	1409800011218	ITALIA PROVIDENC	EL VERGEL	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	136.53	136.53
274	413	1409800011769	1412000012416	FRANCISCO SILVA	JARDINES UNIVERS	Tlaquepaque	Zapopan	0.00	136.53	136.53
284	392	1409800010385	1412000016635	CERRO DEL CUATRO	MARCELINO GARCIA	Tlaquepaque	Zapopan	0.00	136.53	136.53
335	503	1410100011164	141200001027A	EL ROSARIO	TEPEYAC	Tonalá	Zapopan	0.00	136.53	136.53
406	34	1412000010227	1403900011005	LOS GIRASOLES	EL RETIRO	Zapopan	Guadalajara	136.53	0.00	136.53
34	84	1403900011005	1403900011429	EL RETIRO	SAN JUAN BOSCO	Guadalajara	Guadalajara	84.38	51.04	135.42
258	316	1409800010506	1410100010931	LOMAS DE TLAQUEP	TONALA CENTRO	Tlaquepaque	Tonalá	134.86	0.00	134.86
12	28	1403900012183	1403900010632	SAN CARLOS	MEZQUITAN COUNTR	Guadalajara	Guadalajara	0.00	134.35	134.35
34	106	1403900011005	1403900012249	EL RETIRO	OLIMPICA	Guadalajara	Guadalajara	20.34	112.49	132.83
34	337	1403900011005	1410100010486	EL RETIRO	LOS CAMICHINES I	Guadalajara	Tonalá	0.00	130.64	130.64
96	104	1403900011999	1403900011931	LA LOMA	MODELO	Guadalajara	Guadalajara	130.34	0.00	130.34
34	94	1403900011005	1403900011946	EL RETIRO	REVOLUCION	Guadalajara	Guadalajara	54.52	74.80	129.32
34	316	1403900011005	1410100010931	EL RETIRO	TONALA CENTRO	Guadalajara	Tonalá	25.08	103.91	128.99
29	322	1403900010666	1410100010819	MEZQUITAN	LOMAS DE LA SOLE	Guadalajara	Tonalá	19.82	109.13	128.95
122	150	1403900014512	1403900012573	SAN ANDRES	ZONA INDUSTRIAL	Guadalajara	Guadalajara	19.10	109.13	128.23
34	277	1403900011005	1409800011167	EL RETIRO	LAS JUNTITAS	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	127.57	127.57
34	502	1403900011005	1412000010405	EL RETIRO	ZAPOPAN CENTRO	Guadalajara	Zapopan	34.70	92.40	127.10
254	258	1409800010050	1409800010506	LINDAVISTA	LOMAS DE TLAQUEP	Tlaquepaque	Tlaquepaque	0.00	126.67	126.67
43	334	1403900010596	1410100010749	ITALIA PROVIDENC	BOSQUES DE TONAL	Guadalajara	Tonalá	98.50	27.43	125.93
34	162	1403900011005	1403900015436	EL RETIRO	POLANCO	Guadalajara	Guadalajara	98.50	27.26	125.76
21	322	1403900010312	1410100010819	LOMAS DEL COUNTR	LOMAS DE LA SOLE	Guadalajara	Tonalá	25.08	98.50	123.58
34	252	1403900011005	1409800010031	EL RETIRO	CENTRO	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	123.38	123.38
34	415	1403900011005	1412000012350	EL RETIRO	LOMAS ALTAS	Guadalajara	Zapopan	0.00	123.34	123.34
8	34	1403900011382	1403900011005	SAN JUAN DE DIOS	EL RETIRO	Guadalajara	Guadalajara	27.43	94.74	122.17
278	23	1409800010718	1403900010350	LA MICAILITA	LA GUADALUPANA	Tlaquepaque	Guadalajara	120.73	0.00	120.73
313	449	1409800010883	1412002313838	CENTRO	TESISTAN	Tlaquepaque	Zapopan	62.18	58.31	120.49
6	25	1403900011166	1403900010399	LA PERLA	VILLAS DE SAN JU	Guadalajara	Guadalajara	0.00	115.94	115.94
104	325	1403900011931	1410100011075	MODELO	VILLAS DE ORIENT	Guadalajara	Tonalá	0.00	115.94	115.94
34	104	1403900011005	1403900011931	EL RETIRO	MODELO	Guadalajara	Guadalajara	4.00	110.00	114.00
34	409	1403900011005	1412000013679	EL RETIRO	VALLE REAL	Guadalajara	Zapopan	21.16	92.40	113.56
34	103	1403900011005	1403900012287	EL RETIRO	ELECTRICISTAS	Guadalajara	Guadalajara	83.81	27.43	111.24
34	261	1403900011005	1409800010347	EL RETIRO	REVOLUCION	Guadalajara	Tlaquepaque	110.10	0.00	110.10
22	273	1403900010346	1409800010968	MEZQUITAN	EMILIANO ZAPATA	Guadalajara	Tlaquepaque	110.00	0.00	110.00
28	112	1403900010632	1403900014705	MEZQUITAN COUNTR	LOMAS DE SAN PED	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
32	106	1403900010971	1403900012249	ARTESANOS	OLIMPICA	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
32	248	1403900010971	1409705601032	ARTESANOS	CENTRO	Guadalajara	Tlajomulco de Zúñiga	0.00	110.00	110.00
39	107	1403900010295	1403900012268	PROVIDENCIA	SUTAJ	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
61	142	1403900010401	1403900013707	INDEPENDENCIA	ALAMO INDUSTRIAL	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
62	132	1403900013834	1403900015224	MONUMENTAL	PARQUES DEL NILO	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
64	189	1403900010454	1403900010238	SAN VICENTE	LA ESPERANZA (LA	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Zona Origen	Zona Destino	AGEB origen	AGEB destino	Colonia origen	Colonia destino	Municipio origen	Municipio destino	Generación de viajes	Atracción de viajes	Viajes totales
77	107	1403900013660	1403900012268	EL ZALATE	SUTAJ	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
79	175	1403900010789	1403900015559	POSTES CUATES	ARBOLEDAS SUR	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
82	198	1403900010863	1403900011344	CIRCUNVALACION O	ZONA CENTRO	Guadalajara	Guadalajara	110.00	0.00	110.00
85	111	1403900011397	1403900013995	OBLATOS	ATLAS	Guadalajara	Guadalajara	110.00	0.00	110.00
94	106	1403900011946	1403900012249	REVOLUCION	OLIMPICA	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
94	109	1403900011946	1403900012639	REVOLUCION	ATLAS	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
94	142	1403900011946	1403900013707	REVOLUCION	ALAMO INDUSTRIAL	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
103	107	1403900012287	1403900012268	ELECTRICISTAS	SUTAJ	Guadalajara	Guadalajara	0.00	110.00	110.00
107	52	1403900012268	1403900011768	SUTAJ	JARDINES DEL BOS	Guadalajara	Guadalajara	110.00	0.00	110.00
107	181	1403900012268	1403900013001	SUTAJ	COLINAS DE HUENT	Guadalajara	Guadalajara	110.00	0.00	110.00
109	120	1403900012639	1403900011734	ATLAS	AGUSTIN YAÑEZ (L	Guadalajara	Guadalajara	110.00	0.00	110.00
115	150	1403900011471	1403900012573	LAGOS DE ORIENTE	ZONA INDUSTRIAL	Guadalajara	Guadalajara	110.00	0.00	110.00
313	349	1409800010883	1410100011836	CENTRO	SAN FRANCISCO DE	Tlaquepaque	Tonalá	0.00	110.00	110.00
11	254	1403900011880	1409800010050	BARRAGAN HERNAND	LINDAVISTA	Guadalajara	Tlaquepaque	109.13	0.00	109.13
11	342	1403900011880	1410100010433	BARRAGAN HERNAND	SANTA PAULA	Guadalajara	Tonalá	109.13	0.00	109.13
12	342	1403900012183	1410100010433	SAN CARLOS	SANTA PAULA	Guadalajara	Tonalá	0.00	109.13	109.13
56	322	1403900010115	1410100010819	SANTA ELENA ALCA	LOMAS DE LA SOLE	Guadalajara	Tonalá	0.00	109.13	109.13
64	306	1403900010454	1409800012894	SAN VICENTE	LA MILAGROSA	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	109.13	109.13
79	270	1403900010789	1409800010597	POSTES CUATES	SAN PEDRITO	Guadalajara	Tlaquepaque	109.13	0.00	109.13
104	105	1403900011931	1403900012215	MODELO	OLIMPICA	Guadalajara	Guadalajara	109.13	0.00	109.13
122	177	1403900014512	1403900011753	SAN ANDRES	CHAPALITA	Guadalajara	Guadalajara	109.13	0.00	109.13
209	468	1407000130350	1412000011795	SANTA ROSA DEL V	LA TUZANIA	El Salto	Zapopan	109.13	0.00	109.13
254	342	1409800010050	1410100010433	LINDAVISTA	SANTA PAULA	Tlaquepaque	Tonalá	0.00	109.13	109.13
293	34	1409800010987	1403900011005	GUAYABITOS	EL RETIRO	Tlaquepaque	Guadalajara	109.13	0.00	109.13
34	325	1403900011005	1410100011075	EL RETIRO	VILLAS DE ORIENT	Guadalajara	Tonalá	56.78	51.99	108.77
34	338	1403900011005	1410100010202	EL RETIRO	ZALATITAN CENTRO	Guadalajara	Tonalá	58.31	49.66	107.97
34	301	1403900011005	1409800012150	EL RETIRO	GEO VILLAS LOS O	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	107.60	107.60
38	327	1403900010026	1410100011395	COLOMOS PROVIDEN	PASEOS DEL VALLE	Guadalajara	Tonalá	107.60	0.00	107.60
42	313	1403900014457	1409800010883	PROVIDENCIA 4a S	CENTRO	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	107.60	107.60
64	112	1403900010454	1403900014705	SAN VICENTE	LOMAS DE SAN PED	Guadalajara	Guadalajara	0.00	107.60	107.60
104	258	1403900011931	1409800010506	MODELO	LOMAS DE TLAQUEP	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	107.60	107.60
124	313	1403900011537	1409800010883	BENITO JUAREZ	CENTRO	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	107.60	107.60
132	310	1403900015224	1409800012042	PARQUES DEL NILO	LA TIJERA	Guadalajara	Tlaquepaque	107.60	0.00	107.60
179	209	1403900013891	1407000130350	HUENTITAN EL BAJ	SANTA ROSA DEL V	Guadalajara	El Salto	107.60	0.00	107.60
217	313	1405100010105	1409800010883	GALAXIA BONITO J	CENTRO	El Salto	Tlaquepaque	107.60	0.00	107.60
254	338	1409800010050	1410100010202	LINDAVISTA	ZALATITAN CENTRO	Tlaquepaque	Tonalá	0.00	107.60	107.60
256	258	1409800011519	1409800010506	CAMICHINES	LOMAS DE TLAQUEP	Tlaquepaque	Tlaquepaque	0.00	107.60	107.60
313	337	1409800010883	1410100010486	CENTRO	LOS CAMICHINES I	Tlaquepaque	Tonalá	107.60	0.00	107.60
35	360	1403900011132	1412000015478	CENTRO BARRANQUI	INDUSTRIAL LOS B	Guadalajara	Zapopan	0.00	106.97	106.97
34	182	1403900011005	1403900013016	EL RETIRO	COLINAS DE HUENT	Guadalajara	Guadalajara	89.60	15.78	105.38
34	317	1403900011005	1410100010927	EL RETIRO	TONALA CENTRO	Guadalajara	Tonalá	46.73	57.97	104.70
34	256	1403900011005	1409800011519	EL RETIRO	CAMICHINES	Guadalajara	Tlaquepaque	4.00	100.16	104.16
127	396	1403900015120	1412000011850	SAN ANDRES	LOMAS DE ZAOPAN	Guadalajara	Zapopan	0.00	104.11	104.11
11	34	1403900011880	1403900011005	BARRAGAN HERNAND	EL RETIRO	Guadalajara	Guadalajara	38.95	65.11	104.06
34	276	1403900011005	1409800010525	EL RETIRO	LAS JUNTAS	Guadalajara	Tlaquepaque	0.00	103.20	103.20
34	132	1403900011005	1403900015224	EL RETIRO	PARQUES DEL NILO	Guadalajara	Guadalajara	16.66	86.02	102.68
25	262	1403900010399	1409800010879	VILLAS DE SAN JU	LOMAS DE SAN PED	Guadalajara	Tlaquepaque	100.63	0.00	100.63

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013



## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

---

Las avenidas del corredor tienen niveles altos de tránsito. Avenida Ávila Camacho tiene un tránsito promedio para un día hábil de 87,411 vehículos y Avenida Revolución un tránsito promedio de 52,598 vehículos.

### 2.3.3 AFOROS VEHICULARES

#### *i. Aforos vehiculares*

Para el presente análisis, se utilizó la información recopilada a través de una serie de aforos vehiculares en las principales vialidades e intersecciones (cruceos) de la zona de estudio. La información obtenida se recaba con un propósito doble: primero, llevar a cabo el diagnóstico y, segundo, diseñar y calibrar los modelos de simulación del transporte.<sup>16</sup>

Con la finalidad de poder obtener información de configuración de las intersecciones y medición de ciclos de semáforo y sus fases, se procedió al levantamiento en campo mediante inspección visual y uso de cronometro. Esta información es utilizada en la simulación que nos brindara información del desempeño de las intersecciones, demoras ocasionadas por los semáforos.

Se pudo contabilizar un total de ochenta y ocho intersecciones con dispositivo de control de tránsito tipo semáforo, con ciclos que varían entre 60 segundos, hasta intersecciones con 135 segundos de ciclo, como por ejemplo la Av. Ávila Camacho con la Av. Mar Egeo. En la siguiente tabla se presenta el resumen del levantamiento realizado.

---

<sup>16</sup>En el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano*, se detalla el análisis de aforos vehiculares, que se realizó para el proyecto mencionado, en las siguientes secciones: *Sección 1.2.2.5.1 Aforos vehiculares* (pág. 201), *Sección 1.2.2.5.4 Aforos vehiculares de flujo en Estaciones Maestras* (pág. 205), *Sección 1.2.2.5.5. Aforos de flujo vehicular* (pág. 208), *Sección 1.2.2.6 Aforos vehiculares direccionales* (pág. 212).

## 8. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 23** Resumen de levantamiento de intersecciones semaforizadas

Intersección N°	Crucero		Número de Carriles que maneja el crucero	Tiempo del Ciclo del Semáforo en segundos	Intersección N°	Crucero		Número de Carriles que maneja el crucero	Tiempo del Ciclo del Semáforo en segundos
1	Av. Laureles	Av. Hidalgo	13	110	45	Av. Alcalde	Reforma	8	115
2	Av. Laureles	Benito Juárez	9	110	46	Av. Alcalde	San Felipe	8	115
3	Av. Laureles	Industrias	9	110	47	Av. Alcalde	Juan Manuel	8	115
4	Av. Laureles	Sarcofago	9	110	48	Av. Alcalde	Independencia	8	115
5	Av. Laureles	Periferico	10	130	49	Av. Alcalde	Hidalgo	9	125
6	Av. Laureles	Av. Avila Camacho	15	110	50	Av. Alcalde	Pedro Moreno	8	125
7	Av. Laureles	Fernando Aranguren	10	130	51	Av. Alcalde	Juarez	10	125
8	Av. Laureles	Nuevo Mexico	10	130	52	Av. Alcalde	Lopez Cotilla	8	125
9	Av. Laureles	Zaragoza Vigia	12	110	53	Av. Alcalde	Francisco I Madero	8	125
10	Av. Laureles	Pino Suarez	14	110	54	Av. Alcalde	Prisciliano Sanchez	9	125
11	Av. Laureles	Lopez Cotilla	14	110	55	Av. Revolución	Miguel Blanco	12	125
12	Av. Laureles	Libertad y Sarcofago	9	110	56	Av. Revolución	Corona	8	60
13	Av. Camacho	Jacarandas	14	135	57	Av. Revolución	Degollado	8	60
14	Av. Camacho	Obelisco	14	120	58	Av. Revolución	Calzada Independencia	12	115
15	Av. Camacho	Bandera Nacional	11	120	59	Av. Revolución	5 de Mayo	9	115
16	Av. Camacho	San Jorge	11	135	60	Av. Revolución	Analco	8	115
17	Av. Camacho	Patria Norte	10	120	61	Av. Revolución	M Matamoros	8	115
18	Av. Camacho	Patria Sur	10	120	62	Av. Revolución	Jose Luis Verdía	8	115
19	Av. Camacho	Vista del Country	10	125	63	Av. Revolución	Fco. Silva Romero- Jazmin	9	115
20	Av. Camacho	Mar Egeo	12	135	64	Av. Revolución	Constancia	11	115
21	Av. Camacho	Circunvalacion Norte	12	135	65	Av. Revolución	Belisario- Calzada del Ejercito	12	115
22	Av. Camacho	Circunvalacion Sur	12	135	66	Av. Revolución	Dr. Perez Arce	12	105
23	Av. Camacho	Ignacio Ramirez	9	125	67	Av. Revolución	Corregidora	13	125
24	Av. Camacho	Nicolas Romero	12	135	68	Av. Revolución	Manuel de Nimbela	10	125
25	Av. Camacho	Enrique Díaz de Leon	14	120	69	Av. Revolución	Irineo Paz	11	130
26	Av. Camacho	Federalismo	14	120	70	Av. Revolución	Calzada Olimpica- Jose Maria Lafragua	11	130
27	Av. Camacho	Jose Ma. Coss- Yucatan	12	110	71	Av. Revolución	Fray Antonio de Segovia	10	110
28	Av. Camacho	Magisterio	13	112	72	Av. Revolución	Pedro Satani	12	127
29	Av. Camacho	Avila Camacho Norte	16	125	73	Av. Revolución	Silverio Garcia	12	120
30	Av. Camacho	Avila Camacho Sur	16	125	74	Av. Revolución	Fontaneros	11	110
31	Av. Alcalde	Av. Normalistas	10	125	75	Av. Revolución	General Carlos Fuero	9	110
32	Av. Alcalde	Av. De Los Maestros	11	126	76	Av. Revolución	Rafael Delgado	10	106
33	Av. Alcalde	Silvestre Revueltas	14	125	77	Av. Revolución	Ramon Lopez Velarde	15	110
34	Av. Alcalde	Torres Quintero	7	125	78	Av. Revolución	Carpinteros- Ejido	9	110
35	Av. Alcalde	Jesus Garcia	12	125	79	Av. Revolución	Charro- Norte	18	130
36	Av. Alcalde	Arista	7	123	80	Av. Revolución	Charro- Sur	15	130
37	Av. Alcalde	Eulogio Parra	8	120	81	Av. Silva Romero	Rio Nilo	14	130
38	Av. Alcalde	Guillermo Prieto	8	115	82	Av. Silva Romero	Zalatitan	8	130
39	Av. Alcalde	Hospital	8	115	83	Av. Silva Romero	Rosales	8	130
40	Av. Alcalde	Silvestre Revueltas	7	125	84	Av. Silva Romero	Av. Hidalgo	10	110
41	Av. Alcalde	Morelos	9	125	85	Av. Silva Romero	Zaragoza	6	130
42	Av. Alcalde	Herrera I. Cairo	9	115	86	Av. Silva Romero	Privada de Tonalá	10	110
43	Av. Alcalde	Angulo	8	115	87	Av. Silva Romero	Tonala - Morelos	11	110
44	Av. Alcalde	Garibaldi	8	115	88	Av. Silva Romero	Niños Heroes	10	110

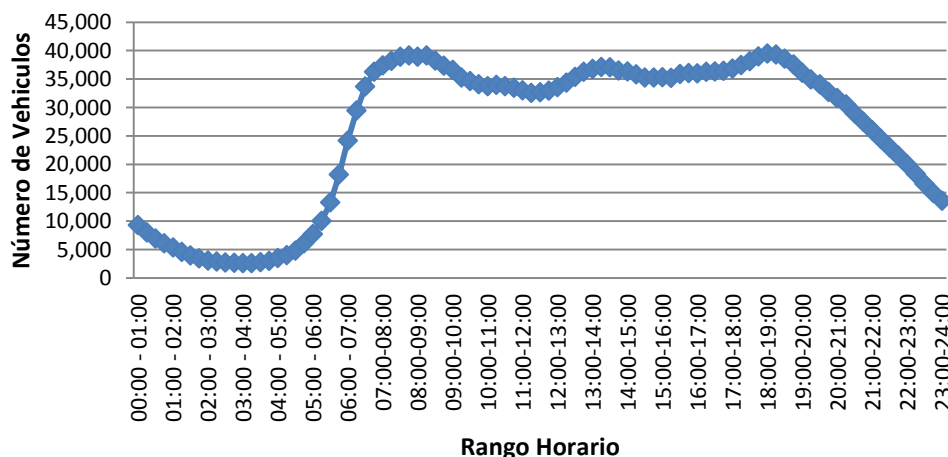
Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### ii. Aforos vehiculares de flujo en Estaciones Maestras

Por su parte, para determinar las horas de máxima demanda con los que a su vez se pueden realizar aforos direccionales que permitirán conocer el desempeño de la red y el uso clasificado por tipo de vehículo de las vías, se colocaron 6 puntos de estaciones maestras automáticas de 24 horas por 7 días continuos con la finalidad de obtener información sobre el perfil del tránsito del corredor, y poder obtener información sobre la HMD del tránsito diario. Con base en la información obtenida, se pudo generar los histogramas de la variación horaria de la demanda vehicular a lo largo del día y de la semana. De esta manera se identificaron los períodos pico y valle de un día, así como los días de mayor y menor demanda a lo largo de una semana promedio.

**Figura 6** Histograma de Variación horaria de volumen vehicular



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### iii. Aforos de flujo vehicular

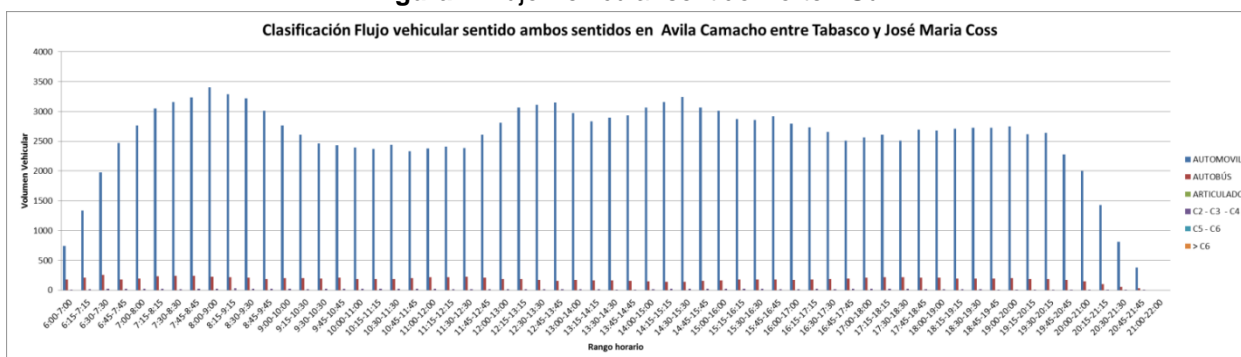
Se aplicaron aforos de flujo vehicular para conocer la composición vehicular en las vías. Este estudio se realizó en 10 puntos en el periodo de máxima demanda de la mañana. La clasificación vehicular considerada fue la siguiente:

- Automóviles.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

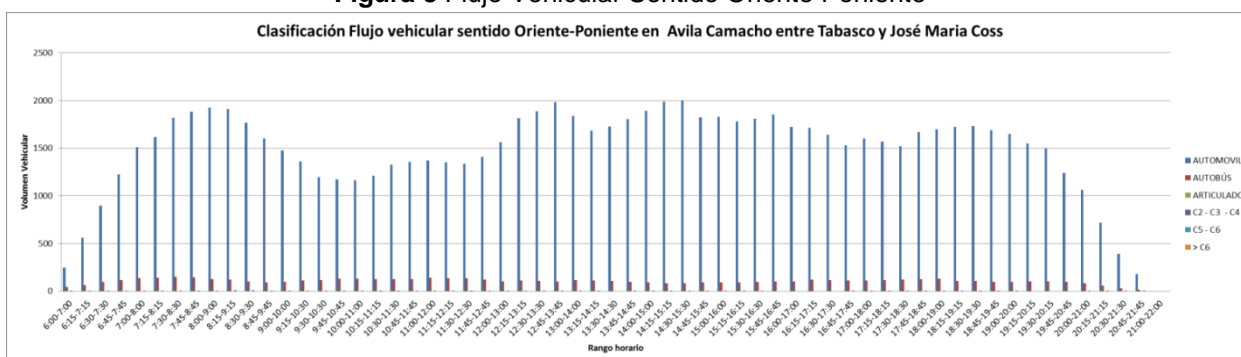
- Taxis.
- Camiones de carga ligera.
- Camiones de carga pesada.

**Figura 7 Flujo Vehicular sentido Norte - Sur**



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

**Figura 8 Flujo Vehicular Sentido Oriente Poniente**



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Al observar uno de los puntos de aforo, se corrobora lo que en general pasa en los demás puntos, que muchos vehículos movilizan a muy pocas personas, lo que origina una desmejora significativa de los niveles de servicio de la red vial, aumentando las demoras en recorrido, mayor congestionamiento, mayores índices de contaminación, que podría utilizarse como una oportunidad para introducir sistemas de transportes colectivos o masivos eficientes, aunado a campañas de educación que incentiven el uso del transporte público, seguro, confiable y eficiente

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### *iv. Aforos vehiculares direccionales*

Verificando las horas de máxima demanda, con base en el estudio realizado por El Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y Transporte en agosto de 2008, se utilizaron los aforos direccionales como el instrumento principal para obtener los volúmenes en que se basa el análisis de las intersecciones, con lo cual se determinará el nivel de servicio (NS) en el que operan las intersecciones evaluadas.

Una vez actualizada la información y procesada, se halló que en el corredor es la hora de máxima demanda la comprendida entre 7:45 am y 8:45 am con un Factor hora pico cercano a 0.90, lo que indica que el flujo es bastante uniforme a lo largo de la hora de máxima demanda.

Adicionalmente, se procedió a la elaboración de un modelo simulado, en el que se alimentarán con los datos obtenidos de los aforos direccionales, la configuración geométrica de los cruceros y los tiempos de fase y ciclos de semáforo para obtener una visión general, y más cercana, del desempeño de la red actual.

Con el análisis se obtuvo lo siguiente:

- Las intersecciones que manejan mayor volumen de vehículos son la Av. Ávila Camacho con Federalismo (7190 veh/h), la de Av. 16 de Septiembre con Juárez (7098 veh/h) y Av. Ávila Camacho con Circunvalación (7050 veh/h), ubicados hacia el centro de la ciudad
- Las intersecciones menos transitadas son 16 de Septiembre con Independencia (4001 veh/h), Av. Laureles con Nuevo México (4160 veh/h) y Av. Silva Romero con Zalatitan (4844 veh/h).
- En cuanto a la clasificación vehicular en la hora de máxima demanda tiene un predominio en todo el corredor de 94% de vehículos particulares, 4% de transporte público y un 2% de camiones de carga, esto representa que la mayor ocupación la realiza un tipo de vehículo que transporta un menor de pasajeros contra solo un 4% que transporta la mayor cantidad de pasajeros en toda la ciudad.
- Es oportuno indicar, que el transporte público en su mayoría está representado por unidades tipo autobús para transporte aproximado de 60 persona a máxima capacidad.
- Adicionalmente se procedió a la comparación de los aforos de las intersecciones en estudio, con los aforos obtenidos en el 2008, presentando los resultados en la tabla mostrada a continuación.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 24** Comparativa de aforos vehiculares 2008 y 2012

Intersección	Hora Pico 2008		VHMD 2008	Hora Pico 2012		VHMD 2012	Variación
Laureles con Fernando Aranguren	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	5655	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	5747	1.63%
Av. Laureles con Nuevo Mexico	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	2865	07:00:00 a.m.	a 08:00:00 a.m.	4160	45.20%
Av Laureles con Vigia	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	4402	07:15:00 a.m.	a 08:15:00 a.m.	5267	19.65%
Avila Camacho Patria Norte	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	4972	07:15:00 a.m.	a 08:15:00 a.m.	5448	9.57%
Avila Camacho Patria Sur	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	5982	06:45:00 a.m.	a 07:45:00 a.m.	6094	1.87%
Avila Camacho con Circunvalacion	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	7958	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	7050	-11.41%
Avila Camacho con Mar Egeo	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	5176	07:15:00 a.m.	a 08:15:00 a.m.	6443	24.48%
Avila Camacho con Enrique Diaz	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	6177	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	6215	0.62%
Avila Camacho con federalismo	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	7308	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	7190	-1.61%
Av. Alcalde con Hospital	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	5377	07:15:00 a.m.	a 08:15:00 a.m.	4898	-8.91%
16 de septiembre con Independencia	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	3069	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	4001	30.37%
16 de septiembre con Juarez	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	5761	08:15:00 a.m.	a 09:15:00 a.m.	7098	23.21%
Revolucion con Ejercito	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	5893	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	5026	-14.71%
Revolucion con Olimpica la Fragua	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	5024	08:15:00 a.m.	a 09:15:00 a.m.	5210	3.70%
Revolucion con Carpintero Ejido	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	5125	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	5547	8.23%
Silva Romero con Zalaitan	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	4741	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	4844	2.17%
Silva Romero con Rosales	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	4877	07:30:00 a.m.	a 08:30:00 a.m.	5019	2.91%
Silva Romero con Tonalá	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	5203	07:15:00 a.m.	a 08:15:00 a.m.	6133	17.87%
Av Revolución Niños Heroes	07:45:00 a.m.	a 08:45:00 a.m.	5402	08:00:00 a.m.	a 09:00:00 a.m.	5613	3.91%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

De la Tabla anterior, se puede concluir que si bien no existe un comportamiento uniforme entre cada intersección en cuanto al crecimiento de los volúmenes, en lo general si se puede calcular un crecimiento del parque automotor cercano al 6% si se consideran los volúmenes totales de todas las intersecciones en hora de máxima demanda lo que indica una mayor saturación de la vías en los últimos 4 años

La evaluación del funcionamiento de la red vial se realizó con base en el concepto de “Nivel de Servicio” en las intersecciones, el cual es una medida de las condiciones operativas que presenta una intersección en particular como punto de mayor restricción en la capacidad vial del tramo. Como indicador para evaluar el nivel de servicio en las intersecciones semaforizadas se ha utilizado la “demora promedio por vehículo” que se produce en dicha intersección, de acuerdo con los conceptos establecidos en el *Highway Capacity Manual* (HCM), 2000 así como el nivel de ocupación de intersección que presenta la herramienta *Synchro* para cuantificar y cualificar la operación de un cruce.

Con base en los resultados arrojados el Software *Synchro 7*, a continuación, en la siguiente tabla se muestra las intersecciones de análisis en la hora de máxima demanda, las demoras detectadas, así



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

como sus respectivos niveles de servicio, porcentaje utilizado de la capacidad (ICU) y el factor hora pico (FHP).

**Tabla 25** Resumen de resultados arrojados por el Software *Synchro 7* para cada una de las intersecciones analizadas

Intersección	Demora	Nivel de Servicio
Av. Laureles - Aranguren	259	F
Av. Laureles - Nuevo México	11.8	B
Av. Laureles - Del Vigia	54.5	D
Ávila Camacho - Patria Norte	391.9	F
Ávila Camacho - Patria Sur	105	F
Ávila Camacho Circunvalación	78.9	F
Ávila Camacho con Ignacio Ramirez	13.7	B
Ávila Camacho - Mar Egeo	111	F
Ávila Camacho - Enrique Díaz León	46.4	D
Ávila Camacho - Federalismo	400.6	F
Alcalde - Hospital	36.6	C
16 de Septiembre - Independencia	21.3	C
16 de Septiembre - Juárez	128.7	F
Revolución - Calzada del Ejercito	35.7	C
Revolución - Olímpica, La Fragua	30.8	C
Revolución - Carpintero, Ejido	0.5	A
Revolución - Zalatitan	80.1	F
Silva Romero - Rosales	53.3	F
Silva Romero - Tonalá	34	C
Silva Romero - Niños Héroes	26	C

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

De los resultados anteriores, se puede concluir que de las intersecciones ubicadas en el corredor relevante para el presente análisis, hay 6 intersecciones que presentan demoras de significativas a excesivas y con niveles de servicio deficientes según los índices de ocupación. Y las mismas se encuentran distribuidas a lo largo del corredor en estudio siendo las intersecciones más cargadas vehicularmente.

En cuanto a las demoras en el tránsito, se pudo observar que uno de los factores que influyen en ellas tiene que ver con la anarquía en el transporte público ya que no respetan las paradas establecidas y toman y dejan a los usuarios en cualquier punto de ubicación de la vía. Además de ciertos conflictos de desfase semaforizadas consecutivas que no consideran la capacidad de almacenamiento de vehículos en cola y ocasiona que vehículos que transiten a velocidades aproximadas a la velocidad de diseño de la

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

vía, deban hacer paradas repetidas en cruceros consecutivos. Igualmente, se pudo observar que los volúmenes que manejan las intersecciones en la hora de máxima demanda sobrepasan la capacidad de la vía.

### **2.4 INTERACCIÓN ENTRE LA OFERTA Y LA DEMANDA**

Como resultado de la interacción de la oferta (red vial y sistemas de transporte público y privado) con la demanda estimada con base a las encuestas Origen - Destino se encontró:<sup>17</sup>

- El perfil horario de la ZMG.
- Los tiempos de recorrido en transporte público y privado.
- La distancia recorrida por las rutas de transporte público.
- Los Costos Generalizados de Viaje (CGV).

Para determinar la interacción de la oferta y la demanda, y evaluar en una posterior etapa la demanda del proyecto, se realizó un modelo multimodal en un software especializado para este tipo de proyectos (*VISUM*).

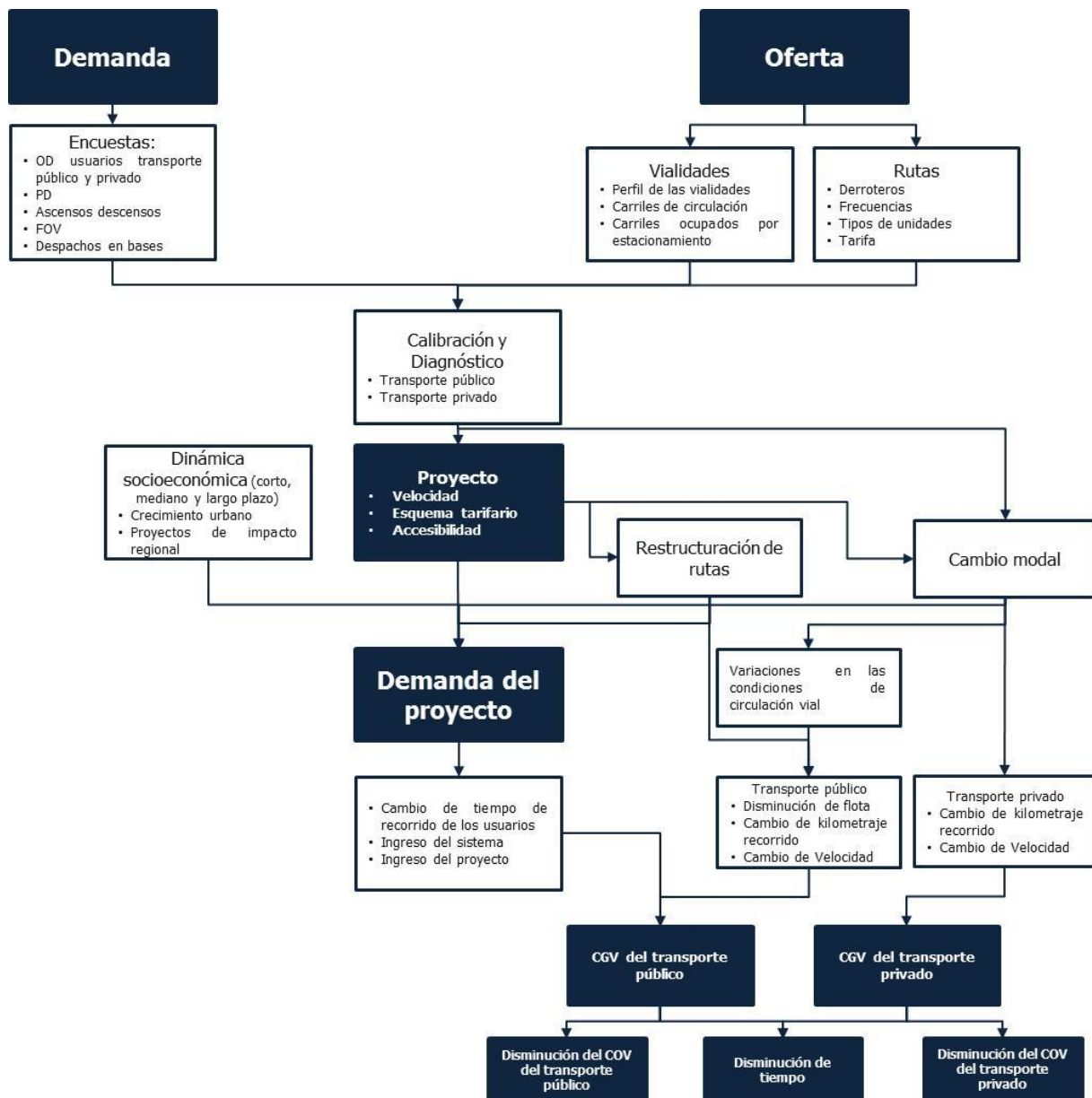
En la siguiente figura se presenta, de forma simplificada, las etapas del modelo utilizado.

---

<sup>17</sup>En el documento A.- *Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano*, se encuentra el desarrollo del modelo de transporte en situación actual, incluyendo los criterios de asignación y criterios de elección de rutas con base en las encuestas origen-destino elaboradas; ver *Sección 1.2.3 Modelo de simulación de la oferta y demanda de transporte*, pág. 232.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 9 Presentación simplificada de las etapas del modelo**



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Este modelo calibrado en la situación actual permite realizar el diagnostico de las condiciones de la movilidad en transporte público y privado en la zona de influencia del corredor.

Se evalúa la situación sin proyecto, la situación con proyecto, integrando al modelo los cambios en la oferta relativos a cada situación.

- Para cada usuario provee los ahorros de tiempo generado por el proyecto (o la situación sin proyecto) para el trayecto completo (viaje a bordo, tiempos de espera, de correspondencia, de caminata).
- Impactos en la velocidad de las vialidades (disminución del tránsito de transporte público; disminución de tránsito privado por cambio modal; disminución de un carril de circulación, en el caso de tranvía).

Para la determinación de estos elementos se consideró un modelo de cambio modal que se aplicó a los usuarios de taxis y de automóviles. Para esto, se generó un modelo basado en una función de utilidad calibrada con las encuestas de preferencia declarada aplicadas a usuarios, que contempla:

- El tiempo de viaje actual en automóvil o en taxi.
- El tiempo de viaje actual en transporte público.
- El costo del transporte público actual por OD.
- El tiempo de viaje futuro en automóvil o en taxi.
- El tiempo de viaje –para los mismos viajes- en transporte público en la situación con proyecto
- El costo futuro del transporte público por OD.

En el caso del transporte público para los actuales usuarios, tomando en cuenta que en la mayoría de los casos son usuarios cautivos del transporte público, se buscó respetar una tarifa socialmente aceptable.

Para tomar en cuenta la evolución del desarrollo urbano en el futuro, se desarrolló un modelo de crecimiento de la demanda, basado en el crecimiento socioeconómico de las zonas, con vectores de generación y atracción. El equilibrio (distribución), se obtuvo vía modelo fratar.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Es importante indicar que el proceso de validación de la información real y los resultados del modelo se efectuaron durante la “calibración”. La calibración muestra, a partir de diversas pruebas estadísticas, el nivel de confiabilidad del modelo respecto a la información real encontrada durante los estudios de campo<sup>18</sup>.

### 2.4.1 PERFIL HORARIO DE LA ZMG

El número de personas transportadas varía a lo largo del día, y entre los días de semana (disminuyendo los fines de semana). Esta variación fue registrada durante los trabajos de campo por día y por tipo de transporte.

Con esta información se estimó la relación entre los niveles de demanda a cada hora para obtener factores equivalentes. Utilizando la ocupación promedio y el número de viaje, se obtuvieron factores equivalentes, utilizando una hora de máxima demanda en un día hábil como 100%.

Una vez obtenidos los factores equivalentes se agruparon las horas en máxima, alta, media, baja y muy baja demanda. El número de días se determinó a partir de semanas al año. Finalmente, se contabilizaron 52 sábados y domingos<sup>19</sup>, y 253 días hábiles.

El perfil horario del transporte público para los tres tipos de días se muestra a continuación.

---

<sup>18</sup> La calibración del modelo se muestra dentro del documento *A.- Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Diagnóstico Resumido del Problema de Transporte Urbano, Sección 1.2.3 Modelo de simulación de la oferta y demanda de transporte*, pág. 232.

<sup>19</sup> Para los cálculos del perfil horario, se consideraron ocho días inhábiles, junto con los días domingo, que corresponden a 52 fines de semana, tal como se presenta en las tablas de este apartado, para transporte público y privado.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 26** Perfil horario del transporte público

Rangos horarios	Horas	Porcentaje de la hora de máxima demanda	Días del Año
<b>De lunes a viernes</b>	<b>18</b>	<b>No aplica</b>	<b>253</b>
Horas de máxima demanda	6.0	100%	
Horas de alta demanda	5.0	80%	
Horas de media demanda	4.0	70%	
Horas de baja demanda	3.0	50%	
Horas de muy baja demanda	0.0	40%	
<b>Sábados</b>	<b>18</b>	<b>No aplica</b>	<b>52</b>
Horas de máxima demanda	3.0	100%	
Horas de alta demanda	6.0	80%	
Horas de media demanda	5.0	70%	
Horas de baja demanda	2.0	50%	
Horas de muy baja demanda	2.0	40%	
<b>Domingos y días inhábiles</b>	<b>18</b>	<b>No aplica</b>	<b>60</b>
Horas de máxima demanda	0.0	100%	
Horas de alta demanda	0.0	80%	
Horas de media demanda	9.0	70%	
Horas de baja demanda	7.0	50%	
Horas de muy baja demanda	2.0	40%	

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Y en la siguiente tabla se muestra el perfil horario del transporte privado.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 27** Perfil horario del transporte privado

Rangos horarios	Horas	Porcentaje de la hora de máxima demanda	Días del Año
<b>De lunes a viernes</b>	<b>19</b>	<b>No aplica</b>	<b>253</b>
Horas de máxima demanda	6	100%	
Horas de alta demanda	7	90%	
Horas de media demanda	3	80%	
Horas de baja demanda	3	60%	
Horas de muy baja demanda	0	40%	
<b>Sábados</b>	<b>18</b>	<b>No aplica</b>	<b>52</b>
Horas de máxima demanda	4	100%	
Horas de alta demanda	6	90%	
Horas de media demanda	4	80%	
Horas de baja demanda	2	60%	
Horas de muy baja demanda	2	40%	
<b>Domingos y días inhábiles</b>	<b>18</b>	<b>No aplica</b>	<b>60</b>
Horas de máxima demanda	0	100%	
Horas de alta demanda	5	90%	
Horas de media demanda	5	80%	
Horas de baja demanda	6	60%	
Horas de muy baja demanda	2	40%	

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 2.4.2 TIEMPOS DE RECORRIDO EN TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO

Por medio de los resultados del “*Modelo de Simulación de la Oferta y Demanda de Transporte Actualizado*”, se obtuvieron los tiempos de viaje de los usuarios del transporte público desde su origen hasta que abordan el transporte público y viceversa, y que utilizan el corredor analizado. Con esta información, se estimó una duración promedio de caminata hasta el paradero, de espera, de viaje a bordo y de caminata hasta el destino.

En promedio, el viaje de un usuario de transporte público en las rutas estudiadas en la hora de máxima demanda, se distribuye de la siguiente manera:

- 7.12 minutos de caminata
- 9.03 minutos de espera, y
- 56.37 minutos de viaje

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

En total, un viaje promedio por usuario de transporte público en el año 2012 dura 72.52 minutos, para los 16,770 personas que se transportan en la hora pico de la mañana.

Respecto al transporte privado, las distancias y tiempos de recorrido en la hora de máxima demanda se calcularon por nodos; esto es que dependiendo del punto de inicio y término de un tramo del corredor, se les asignó el aforo vehicular y los tiempos de viaje obtenidos de los trabajos de campo.

Además, de la información recopilada de la red vial analizada, se determinó que la ocupación promedio de un vehículo privado es de 1.63 pasajeros.

### *2.4.1 DISTANCIA RECORRIDA POR LAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO*

De las 93 rutas con influencia en el trazo analizado, se seleccionaron a las 59 con mayor participación en los viajes del corredor; de estas, se estimó que en el año 2012 recorrieron 83.960,944 kilómetros. Además, se estima que los kilómetros recorridos se incrementarán con los años, hasta llegar a 116,806,854 kilómetros en el año 2042.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 28** Kilómetros recorridos anualmente por las rutas analizadas

Número de ruta	Identificación	Nombre de la ruta	2012	2017	2027	2037	2042
			Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)
1	13	Tesistan - Colonia Constitución - Periférico - Jalisco	2,204,426	2,436,471	3,434,264	4,803,329	5,638,690
2	19	Tonalá - Periférico - Oblatos - Estadio - Zoquipan - Zapopan - Santa Teresa	2,018,691	2,649,531	2,523,363	2,195,326	2,271,027
4	25	Guadalupe - Patria - Circunvalación - Colonia Jalisco	4,067,837	3,389,864	3,954,842	3,615,855	3,766,516
8	50	Carretera A Saltillo - Batán - Mezquitan - Centro - 8 De Julio - Santa María	1,261,678	1,414,188	1,386,459	1,594,428	1,663,751
9	52	Guadalupe - Galerías - Patria - Circunvalación - Lomas Del Rio Verde	2,903,932	3,144,107	3,111,356	3,493,452	3,657,208
10	54	Miravalle - Zona Industrial - Caantró - Alcalde - La Experiencia	1,749,510	1,688,124	2,071,788	1,841,589	1,902,976
14	110	Rancho Nuevo - Normalistas - Alcalde - Centro	670,344	676,790	696,127	644,562	676,790
16	142	Tabachines - Constitución - Mezquitan - Centro - Zona Industrial	1,077,966	1,308,959	1,231,961	1,016,368	1,062,567
17	161	Taray - Tesistan - Carretera A Tesistan - Zapopan	875,215	777,969	1,021,085	972,461	1,069,708
18	163	San José Ejidal - Carretera A Tesistan - Zapopan	1,522,619	1,791,316	1,934,622	1,612,185	1,827,143
19	174	Panteón Nuevoancho Nuevo - Mezquitan - Centro -	753,486	669,765	692,598	639,321	684,987
20	178	El Salto evolución - Centro Médico Panteón Nuevo - Circunvalación -	1,008,633	1,232,774	1,165,532	1,143,118	1,210,360
22	200	Ávila Camacho - Parres Áreas - Villas Del Mirador	1,668,413	1,509,517	1,456,551	1,655,172	1,787,586
23	207	Central Nueva evolución - Belisario - Huentitán	1,785,759	1,566,455	1,879,746	1,691,772	1,817,088
25	231	Carretera A Saltillo - Alcalde evolución - Tonalá	1,074,830	1,253,968	1,146,485	967,347	1,021,089
29	611	Central Nueva evolución - San	2,613,415	2,526,301	2,632,773	2,642,453	2,323,035

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Número de ruta	Identificación	Nombre de la ruta	2012 Base: Km/Flota (anual)	2017 Base: Km/Flota (anual)	2027 Base: Km/Flota (anual)	2037 Base: Km/Flota (anual)	2042 Base: Km/Flota (anual)
		Jacinto - Hermosa Provincia - San José Rio Verde					
30	615	Tonala - Loma Dorada - Tlaquepaque - Central Vieja - Gomez Farías - Cucei	2,282,117	2,034,345	2,021,304	2,282,117	2,347,321
32	631	Jardines Del Valle - Ávila Camacho - La Normal	2,117,456	3,764,366	3,892,697	3,721,589	3,914,085
34	637	Tabachines - Constitución - Division Del Norte - Alcalde - Centro	706,335	642,122	607,098	612,935	653,797
36	647	Lomas Del Tapatio - Tlaquepaque - García Barragán - Centro	1,826,161	1,777,850	1,826,161	1,797,174	1,855,147
39	110A	Huentitan - Via Mezquitán - Centro	689,697	737,593	747,172	670,539	718,435
40	136A	Alamo - Gomez Farías - Central Vieja	1,370,692	1,827,589	1,827,589	1,827,589	1,892,860
41	142_A	Tabachines - Constitución - Mezquitán Centro	1,135,302	1,125,841	1,078,537	1,040,694	1,087,998
42	161_TARAY	Taray - Tesistan - Carretera A Tesistan - Zapopan	918,840	1,237,621	1,406,387	1,593,905	1,687,665
43	178_V2	Central Vieja - Revolucion	401,324	490,507	501,655	445,916	445,916
45	19A	Loma Dorada - Hermosa Provincia - Circunvalación - Estadio - Patria - Ávila Camacho - Periférico - Santa Tere	1,471,921	1,924,819	1,902,174	1,630,435	1,698,370
46	231_A	Mesa Colorada Poniente - Alcalde - Centro - Revolucion - Centro - Rio Nilo	178,951	178,951	214,741	161,056	161,056
47	231_C	Mesa Colorada Oriente - Alcalde - Centro - Revolucion - Centro - Rio Nilo	727,919	818,909	873,502	709,721	764,315
48	275_B_SANTIBANEZ	Santibañez - Central Nueva - Tlaquepaque - García Barragán - Centro	1,226,433	1,126,316	1,126,316	1,251,462	1,314,035
49	275_B_VERDE	Verde - Central Nueva - Tlaquepaque - García Barragán - Centro	1,888,453	2,216,879	1,970,559	2,278,459	2,401,619
50	275_CONOS	Tesistan - Carretera A Tesistan -	706,667	782,770	761,026	782,770	782,770

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Número de ruta	Identificación	Nombre de la ruta	2012	2017	2027	2037	2042
			Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)
		Zapopan					
51	275_DIAGONAL	Tonalaevolucion - Alcalde - Ávila Camacho - Santa Margarita	1,407,653	2,287,436	2,639,349	3,365,170	3,761,072
52	275_F_TESISTAN	Tesistan - Zapopan - Normal - Centro	1,788,556	2,299,572	3,558,862	6,387,701	7,756,494
55	45 - A	Zalatitan - Gomez Farías - Centro	1,176,531	1,942,210	1,951,548	1,764,797	1,848,835
56	50_B	La Gigantera - 8 De Julio - Federalismo - Tabachines	2,388,682	2,296,810	2,679,612	2,449,931	2,572,427
58	51_MIRADORxEDUCADORES	Tonala - Parque De La Solidaridad - Pensador Mexicano - Cuitlahuac - Colonia Americana	1,415,185	1,440,456	1,453,092	1,642,625	1,705,803
59	51_MIRADORxLOMA_DORADA	Loma Dorada - Parque De La Solidaridad - Tetlan - Cupei - Centro - Moderna	1,092,138	1,156,381	1,130,684	963,651	1,002,197
60	52_A	Batan - Alcalde - Centro - 8 De Julio - Buenos Aires	1,331,958	1,398,556	1,398,556	1,331,958	1,387,456
62	52_B	Experiencia - Alcalde - Centro - Echeverría	1,737,791	1,773,257	1,773,257	2,009,691	2,068,799
63	52_C	Centro - 8 De Julio - Nueva Santa Maria	1,653,344	1,617,402	1,725,229	1,710,852	1,761,171
64	52_D	Coronilla - Alcalde - Centro	1,388,598	1,577,173	1,620,031	1,594,317	1,645,746
73	631A	Parque Real - Ávila Camacho - La Normal	850,492	1,607,429	1,700,983	1,666,964	1,530,885
74	633_AGUJAS	Agujas - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	2,200,043	2,244,942	2,768,762	4,340,221	5,163,367
75	633_BASE	Base Aerea - Avila Camacho - Alcalde - Centro	211,892	188,349	247,207	353,154	353,154
76	633_PALERMO	Palermo - Carretera A Tesistan - Alcalde - Centro	1,447,896	2,171,845	3,539,302	4,568,918	5,534,182
77	633_SAN_GONZALO	San Gonzalo - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	613,568	525,916	438,263	493,046	547,829
78	633_VILLAS	Villas - Ávila Camacho - Alcalde - Centro	1,416,972	1,647,078	1,695,522	1,671,300	1,743,965
79	636_A_CORONILLA	Coronilla - Tabachines - Normal - Centro	2,521,822	4,060,133	4,539,279	4,728,416	4,980,598
80	636_A_LA_MESA	Mesa Colorada - Tabachines -	2,590,848	2,695,882	2,730,893	3,019,738	3,151,031

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Número de ruta	Identificación	Nombre de la ruta	2012	2017	2027	2037	2042
			Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)	Base: Km/Flota (anual)
		Normal - Centro					
81	636 - A	Hacienda Del Valle - Cucea - Constitución - Normal - Centro	2,871,105	2,942,883	2,953,137	2,819,836	2,973,645
84	644_B_CARRIL	Carril - Revolucion - Centro	1,058,647	1,223,325	1,235,088	1,199,799	1,270,376
85	644_B_JAUJA	Jauja - Revolucion - Centro	766,573	778,741	851,748	949,091	1,022,098
87	644_B_PENAL	Penal - Revolucion - Centro	1,225,745	1,170,030	1,170,030	1,323,248	1,601,826
88	644_B_SAN_MARTIN	San Martin - Revolucion - Centro	741,782	906,623	865,413	865,413	927,228
89	644_B_SANTA_ISABEL	Santa Isabel - Revolucion - Centro	958,496	1,006,421	1,006,421	1,198,120	1,377,838
90	644B_DIRECTO_COLONIA	2 Templosevolucion - Colonia	1,196,740	1,230,932	1,196,740	1,367,702	1,424,690
91	647A	Tlaquepaque - García Barragán - Centro	428,241	380,659	399,692	399,692	399,692
92	706_A	Tesistan - Carretera A Tesistan - Periférico - Federalismo - Alcalde - Centro	1,440,106	1,947,415	1,963,780	1,881,956	1,963,780
93	80A	San Pedrito - Central Nuevaevolucion - Oblatos - Huentitan	1,134,517	1,173,194	1,237,655	1,160,301	1,224,763
Total de km recorridos			83,960,944	94,413,628	101,566,605	108,562,705	116,806,854

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 2.4.2 COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE

Los CGV están compuestos por el costo del tiempo de los usuarios y los Costos de Operación Vehicular (COV). El proceso de cálculo del CGV para la situación actual, la situación sin proyecto y la situación con proyecto se describe a continuación.

De los estudios de movilidad, de las encuestas OD - a bordo y complementarias - y los trabajos de campo, fue obtenida información sobre la red vial, los tipos de unidades y número de vehículos de transporte público y privado, de los transbordos, tiempos, frecuencias y costos de viaje de los usuarios del sistema.

Para el procesamiento de los datos fue utilizado el *software Visum*. Este programa de modelación permite detallar los tramos de la red vial a nivel de nodos y/o enlaces, mismos que pueden entenderse como tramos por cuadra. Con ello se logra representar la complejidad de todos los viajes del área estudiada de ZMG y su interacción como un sistema.

Entre los diversos resultados de la modelación, se obtiene el número de vehículos, la velocidad y tiempo de recorrido por enlace o ruta, y para cada tipo de vehículo (autos, autobuses, autobuses articulados y trenes) en una hora de máxima demanda.

El cálculo del costo social del tiempo de recorrido se realizó utilizando el valor social del tiempo para la ZMG, conforme al cálculo propuesto por el CEPEP<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup>Valor Social del Tiempo a Nivel Nacional en México para 2013, CEPEP 2013.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 29** Valor social del tiempo para la Zona Metropolitana de Guadalajara

Variable	Definición	Fuente	Valor
SMGP	Salario mínimo general promedio por día (pesos) en la Zona Metropolitana de Guadalajara	CONASAMI (2013)	64.76
FIP	Factor de ajuste del ingreso promedio de la población en proporción del SMGP	IMT (2010)	3.37
HTP	Promedio de las horas trabajadas por semana	IMT (2010)	41.44
SHP	Valor social del tiempo por hora (pesos)	$SHP = (FIP * SMGP * 7) / HTP$	36.87

Modificado de: Valor Social del Tiempo a Nivel Nacional en México para 2013, CEPEP 2013; CONASAMI (2013), Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, [www.conasami.gob.mx](http://www.conasami.gob.mx);

IMT (2013), Instituto Mexicano del Transporte, "Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2013", Torres Guillermo, Hernández Salvador y Ruvalcaba J. Ignacio, NOTAS núm. 140, enero - febrero 2013, artículo 2, <http://www.imt.mx/SitioIMT/Boletines/frmResumenBoletin.aspx?IdArticulo=373&IdBoletin=140>

El costo total promedio del tiempo de recorrido para los usuarios de transporte privado, se obtuvo al multiplicar 36.87 pesos, por la ocupación promedio, por el número de vehículos y por el tiempo de recorrido.

La valoración del tiempo para los usuarios de transporte público, fue obtenida multiplicando el valor social del tiempo, por la ocupación promedio, por la suma del tiempo de viaje en el vehículo, el tiempo de espera y de caminata (antes de abordar y después de bajar) promedios, generados en el software Visum.

El COV fue calculado con el programa VOCMEX, integrando los datos procesados en Visum y con información técnica del Instituto Mexicano del Transporte<sup>21</sup> (IMT) por tipo de vehículo<sup>22</sup>, misma que fue actualizada con un estudio de mercado de los precios sociales de combustibles, refacciones y lubricantes. El resultado es el COV promedio por kilómetro, por tipo de vehículo.

El COV total se calcula como el producto del COV por kilómetro por la distancia recorrida, por tipo de vehículo.

En el cálculo del COV para cada situación, se utilizó el costo correspondiente a la velocidad específica de cada vehículo, aun cuando la velocidad estimada no fuese un número entero.

<sup>21</sup> Publicación Técnica No. 316, Sanfandila, Qro, 2008, IMT.

<sup>22</sup> Automóviles, microbuses y autobuses.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### *2.4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO PARA CUANTIFICAR LA DIFERENCIA ENTRE LA OFERTA Y LA DEMANDA*

El CGV corresponde a la suma del costo social del tiempo y el COV. El resultado está expresado por una hora de máxima demanda de un día hábil. Para anualizarlo se multiplicó por el perfil horario, el factor de equivalencia y el número de días hábiles, sábados y domingos. Los CGV de la situación actual desde el año 2013, hasta el año 2042 se muestran en las siguientes tablas, tanto para el transporte público, como el transporte privado.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 30** Costo generalizado de viaje en el transporte público en la situación actual en millones de pesos corrientes

Año	COV	Tiempo	CGV
2013	1,829.6	2,972.8	4,802.4
2014	1,886.6	3,111.7	4,998.2
2015	1,945.3	3,257.0	5,202.3
2016	2,005.8	3,409.2	5,415.0
2017	2,068.2	3,568.5	5,636.6
2018	2,095.6	3,688.7	5,784.3
2019	2,123.4	3,812.9	5,936.3
2020	2,151.6	3,941.3	6,093.0
2021	2,180.2	4,074.1	6,254.3
2022	2,209.1	4,211.3	6,420.5
2023	2,238.5	4,353.2	6,591.6
2024	2,268.2	4,499.8	6,768.0
2025	2,298.3	4,651.4	6,949.7
2026	2,328.8	4,808.1	7,136.8
2027	2,359.7	4,970.0	7,329.7
2028	2,386.7	5,090.0	7,476.8
2029	2,414.1	5,213.0	7,627.0
2030	2,441.7	5,338.9	7,780.6
2031	2,469.7	5,467.8	7,937.5
2032	2,498.0	5,599.9	8,097.9
2033	2,526.6	5,735.1	8,261.7
2034	2,555.6	5,873.6	8,429.2
2035	2,584.9	6,015.4	8,600.3
2036	2,614.5	6,160.7	8,775.2
2037	2,644.5	6,309.5	8,954.0
2038	2,691.8	6,425.1	9,116.9
2039	2,740.0	6,542.8	9,282.8
2040	2,789.1	6,662.6	9,451.7
2041	2,839.1	6,784.6	9,623.7
2042	2,889.9	6,908.9	9,798.9

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 31** Costo generalizado de viaje en el transporte privado en la situación actual en millones de pesos corrientes

Año	COV	Tiempo	CGV
2013	3,278.1	1,231.1	4,509.2
2014	3,445.0	1,313.3	4,758.2
2015	3,620.3	1,400.9	5,021.2
2016	3,804.6	1,494.4	5,299.0
2017	3,998.3	1,594.1	5,592.4
2018	4,257.8	1,724.6	5,982.5
2019	4,534.2	1,865.8	6,400.0
2020	4,828.5	2,018.6	6,847.1
2021	5,142.0	2,183.8	7,325.8
2022	5,475.8	2,362.6	7,838.4
2023	5,831.3	2,556.0	8,387.2
2024	6,209.8	2,765.2	8,975.0
2025	6,612.9	2,991.6	9,604.5
2026	7,042.2	3,236.4	10,278.6
2027	7,499.3	3,501.4	11,000.7
2028	7,432.8	3,456.5	10,889.3
2029	7,366.8	3,412.3	10,779.1
2030	7,301.4	3,368.6	10,670.0
2031	7,236.6	3,325.5	10,562.1
2032	7,172.4	3,282.9	10,455.2
2033	7,108.7	3,240.8	10,349.5
2034	7,045.6	3,199.3	10,245.0
2035	6,983.1	3,158.4	10,141.5
2036	6,921.1	3,117.9	10,039.0
2037	6,859.7	3,078.0	9,937.7
2038	7,079.0	3,209.0	10,288.1
2039	7,305.4	3,345.7	10,651.1
2040	7,539.1	3,488.1	11,027.1
2041	7,780.2	3,636.6	11,416.7
2042	8,029.0	3,791.4	11,820.4

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

En total, el CGV de la situación actual en el año 2013 será de 10,026.6 millones de pesos corrientes.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 32** Costo generalizado de viaje total en la situación actual en millones de pesos corrientes

Año	COV	Tiempo	CGV
2013	5,107.8	4,203.9	9,311.6
2014	5,331.5	4,424.9	9,756.5
2015	5,565.6	4,657.9	10,223.5
2016	5,810.4	4,903.6	10,714.0
2017	6,066.4	5,162.6	11,229.0
2018	6,353.4	5,413.3	11,766.7
2019	6,657.7	5,678.7	12,336.4
2020	6,980.2	5,959.9	12,940.1
2021	7,322.2	6,257.9	13,580.1
2022	7,684.9	6,573.9	14,258.8
2023	8,069.7	6,909.1	14,978.8
2024	8,478.0	7,265.0	15,743.0
2025	8,911.2	7,642.9	16,554.1
2026	9,371.0	8,044.5	17,415.5
2027	9,859.0	8,471.4	18,330.4
2028	9,819.5	8,546.6	18,366.1
2029	9,780.9	8,625.2	18,406.1
2030	9,743.1	8,707.5	18,450.6
2031	9,706.3	8,793.3	18,499.6
2032	9,670.4	8,882.7	18,553.1
2033	9,635.3	8,975.9	18,611.3
2034	9,601.2	9,072.9	18,674.1
2035	9,568.0	9,173.8	18,741.8
2036	9,535.6	9,278.7	18,814.3
2037	9,504.1	9,387.5	18,891.6
2038	9,770.9	9,634.1	19,405.0
2039	10,045.5	9,888.4	19,933.9
2040	10,328.2	10,150.7	20,478.9
2041	10,619.3	10,421.2	21,040.5
2042	10,918.9	10,700.3	21,619.2

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 2.4.4 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

Como resultado del estudio de movilidad realizado en el corredor Zapopan - Guadalajara - Tlaquepaque y el análisis de la interacción de oferta-demanda, se observó que, el tiempo de traslado de las personas que utilizan el corredor, repercute en el bienestar de la sociedad. Esto porque la demora en los viajes, debido a las velocidades alcanzadas, incide negativamente en los costos de operación vehicular y en el tiempo de los usuarios (CGV); tanto del transporte público como del privado. Además, la actual organización del transporte público, favorece las emisiones de CO<sub>2</sub>, que tienen efectos nocivos en el

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

medio ambiente.

De acuerdo a las estimaciones del presente ACB, estas condiciones tenderán a empeorar en los siguientes años, porque la demanda de transporte de las personas que habitan la ZMG es creciente.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 3. SITUACIÓN SIN PROYECTO

En este apartado se describirán las medidas de optimización<sup>23</sup> que mejorarían la operación del sistema de transporte. Se describirá la oferta, la demanda y la interacción oferta - demanda en la situación sin proyecto. Finalmente, se analizan las alternativas de solución que disminuyan el problema público identificado.

#### 3.1 OPTIMIZACIONES

La optimización planteada consiste en adecuaciones de la frecuencia y cambios en recorrido de las rutas; esta optimización no tiene costos de inversión.

En las adecuaciones de la frecuencia (vehículos por hora) del transporte público, se disminuyó la flota en operación de cada ruta en función de la demanda observada. El ajuste de las frecuencias se realizó manteniendo los estándares de servicios actuales en términos de los intervalos y del nivel de ocupación vehicular.

Se determinaron las capacidades adecuadas para satisfacer la demanda durante los períodos pico, con base en el perfil de la utilización de las unidades a lo largo de los recorridos y las variaciones horarias; de esta forma, se definieron estándares mínimos de frecuencia.

En los períodos de máxima demanda, se planteó una frecuencia variable en función de la demanda, con un límite inferior de 4 minutos - es decir un intervalo máximo entre servicios de 15 minutos - . Además, se consideró una ocupación promedio del 80%, en las horas de máxima demanda.

---

<sup>23</sup> Una optimización “consiste en la descripción de medidas administrativas, técnicas, operativas, así como inversiones de bajo costo (menos del 10% del monto total de inversión), entre otras, que serían realizadas en caso de no llevar a cabo el programa o proyecto de inversión”; conforme a los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, Sección II: Tipos de Proyectos y Programas de Inversión. Diario Oficial de la Federación, Primera Sección, viernes 27 de abril de 2012.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### **3.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA**

Con la optimización propuesta, se mantendría la misma cantidad de rutas que en la situación actual; en la zona de influencia del corredor se consideran 59 rutas, tanto en la situación actual y como en la sin proyecto. También, la longitud de la red de rutas se mantiene en ambas situaciones y es de 2,378 km; la variación se presenta en la flota en operación, disminuyendo en 64 unidades. Esto repercute en los kilómetros recorridos y por tanto, los costos operativos de los vehículos que dejan de circular.

A continuación se presenta un cuadro comparativo del transporte público entre la situación actual y la situación optimizada para la zona analizada.

**Tabla 33** Comparación entre la situación actual y la situación optimizada del proyecto

Situación	Rutas	Longitud de la red en kilómetros	Flota en operación en el año 2012	Kilómetros recorridos al año
Actual	59	2,378	908	83,960,944
Optimizada	59	2,378	844	77,925,253
Diferencia	0	0	64	6,035,691

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### **3.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

Las optimizaciones propuestas modifican exclusivamente la oferta actual. Por lo tanto, la demanda en situación optimizada es la misma que en la situación actual.

### **3.4 INTERACCIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA**

Para el año 2013, el tiempo total promedio por viaje de un usuario de transporte público en la situación optimizada será de 72.23 minutos. En este mismo año, el COV del transporte público y del transporte privado correspondería a 4,998.6 millones de pesos, el valor del tiempo de los pasajeros sería de 4,159.8 millones de pesos y el CGV total estimado sería de 9,158.5 millones de pesos.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 34** Costo de operación vehicular, valor del tiempo y costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto en millones de pesos

Año	COV	Tiempo	CGV
2013	4,998.6	4,159.8	9,158.5
2014	5,204.6	4,377.4	9,582.0
2015	5,420.0	4,606.6	10,026.6
2016	5,645.1	4,848.2	10,493.4
2017	5,880.6	5,102.9	10,983.5
2018	6,164.3	5,349.3	11,513.7
2019	6,465.2	5,610.4	12,075.7
2020	6,784.4	5,887.3	12,671.6
2021	7,122.9	6,181.0	13,303.9
2022	7,482.1	6,492.8	13,974.9
2023	7,863.4	6,823.9	14,687.2
2024	8,268.0	7,175.7	15,443.7
2025	8,697.5	7,549.9	16,247.4
2026	9,153.6	7,947.9	17,101.4
2027	9,637.8	8,371.5	18,009.3
2028	9,596.0	8,441.7	18,037.7
2029	9,555.0	8,515.3	18,070.3
2030	9,514.9	8,592.3	18,107.2
2031	9,475.7	8,672.7	18,148.4
2032	9,437.3	8,756.8	18,194.1
2033	9,399.9	8,844.4	18,244.3
2034	9,363.3	8,935.7	18,298.9
2035	9,327.5	9,030.7	18,358.2
2036	9,292.6	9,129.6	18,422.2
2037	9,258.6	9,232.3	18,490.9
2038	9,525.0	9,473.7	18,998.7
2039	9,799.2	9,722.9	19,522.2
2040	10,081.7	9,980.2	20,061.9
2041	10,372.5	10,245.8	20,618.3
2042	10,672.1	10,520.0	21,192.1

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El resultado de la optimización en la zona de influencia es la reducción de CGV en comparación con la situación actual.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 35** CGV en la situación actual, sin proyecto y la diferencia entre situaciones en el horizonte de evaluación en millones de pesos.

Año	Situación actual (a)	Situación optimizada (b)	Diferencia (a - b)
2013	9,311.6	9,158.5	153.2
2014	9,756.5	9,582.0	174.5
2015	10,223.5	10,026.6	197.0
2016	10,714.0	10,493.4	220.6
2017	11,229.0	10,983.5	245.5
2018	11,766.7	11,513.7	253.1
2019	12,336.4	12,075.7	260.7
2020	12,940.1	12,671.6	268.4
2021	13,580.1	13,303.9	276.2
2022	14,258.8	13,974.9	283.9
2023	14,978.8	14,687.2	291.6
2024	15,743.0	15,443.7	299.2
2025	16,554.1	16,247.4	306.7
2026	17,415.5	17,101.4	314.0
2027	18,330.4	18,009.3	321.1
2028	18,366.1	18,037.7	328.4
2029	18,406.1	18,070.3	335.8
2030	18,450.6	18,107.2	343.4
2031	18,499.6	18,148.4	351.1
2032	18,553.1	18,194.1	359.0
2033	18,611.3	18,244.3	367.0
2034	18,674.1	18,298.9	375.2
2035	18,741.8	18,358.2	383.5
2036	18,814.3	18,422.2	392.1
2037	18,891.6	18,490.9	400.7
2038	19,405.0	18,998.7	406.3
2039	19,933.9	19,522.2	411.7
2040	20,478.9	20,061.9	417.0
2041	21,040.5	20,618.3	422.2
2042	21,619.2	21,192.1	427.1

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### **3.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

De acuerdo con el análisis de la movilidad en el corredor Zapopan – Guadalajara – Tlaquepaque, y buscando disminuir la problemática de altos CGV, se exploraron tres alternativas de solución que mejoren el actual sistema de transporte de pasajeros:

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- **BRT (Bus Rapid Transit)**

Sistema de transporte masivo que transita en las vialidades existentes, haciendo uso exclusivo de uno o dos carriles de circulación, según la configuración del sistema, con confinamiento parcial. (Capacidad de las unidades: 160-240 pasajeros).

- **Tranvía**

Sistema férreo de transporte masivo urbano que circula paralelamente en las vialidades existentes y en un carril exclusivo con confinamiento parcial. (Capacidad de las unidades: 200-400 pasajeros).

- **Tren ligero**

Sistema férreo de transporte masivo que opera con confinamiento integral, por lo que puede circular a velocidad comercial alta y regularidad alta. (Capacidad de las unidades: 500 pasajeros para éste caso de análisis).

La finalidad de estas tres alternativas es atender a la cantidad de personas que viajan hoy y en el futuro por el corredor, buscando disminuir sus tiempos de traslado y los costos operativos, con mayor fiabilidad, comodidad y seguridad para cada viaje.

En este sentido, el sistema BRT guarda ciertas diferencias con las alternativas ferroviarias, que lo hacen cualitativa y cuantitativamente diferente al tranvía y al tren ligero. En la siguiente tabla se muestra un comparativo entre las alternativas Tren Ligero y BRT.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 36** Comparativo Tren ligero - BRT

Tren ligero	BRT
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor velocidad comercial y constante a mediano y largo plazo.</li> <li>▪ Mayor regularidad.</li> <li>▪ Mayor comodidad.</li> <li>▪ Mayor capacidad actual y futura.</li> <li>▪ Menor contaminación.</li> <li>▪ Mayor seguridad por ser un sistema de transporte integralmente confinado.</li> <li>▪ Modernización de la imagen urbana y del transporte público.</li> <li>▪ Menores afectaciones por el túnel que cruza el centro histórico.</li> <li>▪ Se elimina la totalidad del transporte público superficial a lo largo del corredor, en particular en el centro histórico.</li> <li>▪ Mayor vida útil del material rodante (de hasta 40 años).</li> <li>▪ Mayor vida útil de la infraestructura (superior a 100 años).</li> <li>▪ Sin impacto sobre la capacidad de las vialidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menor monto de inversión (2,200 millones de pesos para el BRT contra 15,200 millones de pesos para el Tren ligero).</li> <li>▪ Menor tiempo de construcción (2 años del BRT contra 3.3 años del Tren ligero).</li> <li>▪ Menor afectación urbana por no construir un viaducto elevado.</li> <li>▪ Posibilidad de integrar al sistema BRT a los actuales operadores.</li> </ul>

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Para dar servicio a volúmenes importantes de demanda, un sistema BRT requiere que se aumente la frecuencia de paso de los autobuses, lo que en el mediano plazo saturaría el carril confinado, generando un convoy de unidades y aumentando la variabilidad de los tiempos de viaje de los usuarios. Ésta saturación se puede mitigar o anular con la implementación de un carril de rebase. Sin embargo, la implementación de un carril adicional en el corredor en estudio es complicada porque disminuye la capacidad de la vialidad para la circulación de los vehículos privados y las secciones transversales en las vialidades del centro de Guadalajara limitan la incorporación de otro carril.

El Tren Ligero es una tecnología con características similares al Tranvía en cuanto al material rodante que utilizan. Las capacidades de pasajeros que pueden transportar ambos sistemas son mayores a las del BRT; la principal diferencia entre ambos sistemas radica en que el Tren Ligero está segregado de las

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

vialidades a nivel de calle por medio de túneles o viaductos. El Tranvía es un sistema de transporte masivo a nivel de calle, más parecido al sistema BRT.

Una diferencia de operación significativa entre el Tranvía y el BRT es que, la mayor capacidad de pasajeros de las unidades del primero (hasta 400 pasajeros), permite el manejo más eficiente de frecuencias respecto al BRT. El Tranvía puede operar con intervalos del orden de 4 minutos para la demanda estimada del corredor, lo que permite implementar soluciones de control de operación garantizando los tiempos de recorrido a lo largo del día y garantizando la calidad del servicio. Al contrario, para el BRT se requeriría intervalos del orden 1:30 minutos para satisfacer la demanda del corredor. Con este intervalo, es difícil implementar soluciones de tránsito eficientes.

En la siguiente tabla se muestran las similitudes y las diferencias entre el Tranvía y el Tren Ligero.

**Tabla 37** Similitudes y diferencias entre el tranvía y el tren ligero

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor regularidad.</li> <li>▪ Mayor comodidad.</li> <li>▪ Mayor capacidad actual y futura.</li> <li>▪ Menor contaminación.</li> <li>▪ Mayor seguridad.</li> <li>▪ Modernización de la Imagen urbana y del transporte público.</li> <li>▪ Mayor vida útil del material rodante (de hasta 40 años).</li> <li>▪ Mayor vida útil de la Infraestructura (superior a 40 años).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menor monto de inversión del Tranvía (7,800 millones de pesos para el Tranvía contra 15,200 millones de pesos para el Tren ligero).</li> <li>▪ Menor afectación urbana por no construir un viaducto elevado del Tranvía.</li> <li>▪ Mayor invasión de la imagen urbana en el centro histórico del Tranvía.</li> <li>▪ Ocupación de un carril por sentido del Tranvía.</li> </ul>

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El BRT presenta una serie de desventajas operativas en el corto y mediano plazo, respecto a la solución de Tren Ligero; entre las que destacan las siguientes:

- Menor velocidad comercial (18km/hora del BRT contra 35km/hora del Tren ligero).
- Menor regularidad del BRT por la convivencia operativa con el tránsito y peatones.
- Impacto negativo sobre las vialidades en las que opera, particularmente en el Centro Histórico por disminuir el número de carriles disponibles.
- Menor umbral de capacidad (saturación en el mediano plazo).



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- Menor vida útil del material rodante y de la infraestructura del BRT.

Por lo antes expuesto, y en la búsqueda de alternativas que puedan ser comparables al proyecto de Tren Ligero, el BRT se descarta como solución a los problemas identificados (altos CGV y emisiones de CO<sub>2</sub>) en el corredor Zapopan – Guadalajara – Tlaquepaque.

El análisis de alternativas de solución que se describirá a continuación, se centrará en las opciones Tranvía y Tren Ligero, porque ambas guardan mayores similitudes, tanto técnica, como operativamente.

En la descripción que a continuación se presenta, se hacen cuatro supuestos; el primero es que la longitud de cada una de las alternativas será idéntica (22 km), el segundo es que contarán con el mismo número de estaciones, el tercero es que cada proyecto atenderá a la misma demanda de servicios y el último es que se considera un horizonte de evaluación de 30 años; todos estos supuestos se realizan para hacer comparables los proyectos.

### *i. Alternativa Tranvía*

#### *a) Descripción general del Tranvía*

Para la implementación de un proyecto de Tranvía, sería necesario modificar las vialidades actuales, integrando una vía férrea en un carril exclusivo, que cuente con un sistema de alimentación energética. Además, tendrían que construirse estaciones a lo largo del corredor a nivel de la calle, construir los patios y talleres e invertir y reinvertir en el material rodante necesario para atender la demanda creciente de servicios.

#### *b) Costos del Tranvía*

La inversión en un sistema de transporte mediante Tranvía en la zona analizada, duraría 39 meses; iniciando en el segundo semestre de 2013 y finalizando en el último mes de 2016.

Los costos del Tranvía se presentan a continuación en pesos de 2013.

- Inversión en infraestructura: 5,894,397,884 pesos.
- Proyecto ejecutivo: 83,000,000 pesos.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- Costos de liberación de derecho de vía: 442,411,500 pesos.
- Inversión en material rodante: 18 trenes a un costo total de 1,386,000,000 pesos.

Los costos totales de inversión serían de 7,805,809,384 pesos. Además, será necesario incurrir en costos de operación y mantenimiento anuales. Los costos de operación y mantenimiento del sistema, en el primer año de operación (2017) serían de 119,889,241 pesos.

### *c) CGV para la alternativa Tranvía*

Para la estimación del CGV del proyecto con la alternativa de Tranvía, se consideró ocupar un carril por sentido a lo largo de las vialidades del corredor Zapopan - Guadalajara - Tlaquepaque; el supuesto detrás de la implementación del sistema es que este tendrá exclusividad sobre el transporte de pasajeros en todo el corredor, lo que implica la modificación de las actuales rutas de transporte de pasajeros. Esto tiene dos efectos; el primero es que se disminuirá la congestión vehicular generada por el transporte público que ya no circulará por las vialidades estudiadas y el segundo efecto es que, con el paso del tiempo, incrementará los tiempos de viaje de los vehículos privados por la falta de un carril (que ocupa el Tranvía).

Las experiencias internacionales muestran que la implementación de un tranvía es parte de una política global de voluntad de reducción del uso del automóvil, castigando la circulación del automóvil por la reducción de un carril, acompañado por políticas de tarificación en estacionamiento en los centros, de cuota urbana, de zonas de bajo velocidad, precio de la gasolina y tenencia de vehículos. A corto plazo los impactos sobre el tránsito son negativos, generando un aumento en los costos generalizados de transporte. A mediano plazo, los efectos sobre la movilidad varían según la ciudad; algunas no han conocido un cambio modal significativo y sigan con altos CGV, otras han reducido la parte modal del automóvil reduciendo en el tiempo los CGV.

La estimación de CGV a lo largo del horizonte de evaluación para la alternativa Tranvía, se presenta a continuación.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 38** CGV estimado de la alternativa Tranvía en millones de pesos

Año	COV (a)	Tiempo (b)	CGV (a+b)
2017	8,611.4	6,707.1	15,318.5
2018	8,818.2	6,806.4	15,624.6
2019	9,030.0	7,016.9	16,046.9
2020	9,247.1	7,233.9	16,481.0
2021	9,469.5	7,457.6	16,927.1
2022	9,697.4	7,688.3	17,385.7
2023	9,930.9	7,926.1	17,857.0
2024	10,170.2	8,171.3	18,341.4
2025	10,415.3	8,424.1	18,839.4
2026	10,666.5	8,684.7	19,351.2
2027	10,923.8	8,953.4	19,877.3
2028	11,097.8	9,178.3	20,276.1
2029	11,274.6	9,365.6	20,640.3
2030	11,454.3	9,556.8	21,011.1
2031	11,636.9	9,751.9	21,388.8
2032	11,822.4	9,951.0	21,773.3
2033	12,010.9	10,154.1	22,165.0
2034	12,202.4	10,361.4	22,563.8
2035	12,397.0	10,572.9	22,969.9
2036	12,594.8	10,788.7	23,383.5
2037	12,795.8	11,009.0	23,804.7
2038	12,925.5	11,185.5	24,110.9
2039	13,056.6	11,335.8	24,392.4
2040	13,189.1	11,488.2	24,677.3
2041	13,323.1	11,642.7	24,965.9
2042	13,458.6	11,799.4	25,258.0

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### ii. Alternativa Tren ligero

#### a) Descripción general del Tren Ligero

Para llevar a cabo un proyecto de Tren Ligero es necesario invertir en la vía férrea, en un sistema alimentación energética, construir la infraestructura de los túneles, de los viaductos, de las estaciones (ya sean a nivel, elevadas o subterráneas), de los patios y talleres y adquirir el material rodante a lo largo de la vida útil.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### *b) Costos del Tren Ligero*

Para la alternativa de proyecto Tren Ligero, se consideró el mismo tiempo de inversión que en la alternativa Tranvía (40 meses), iniciando en el segundo semestre de 2013 y finalizando en el último mes de 2016.

Los costos del Tren Ligero se presentan a continuación en pesos de 2013.

- Inversión en infraestructura: 13,340,977,773 pesos.
- Proyecto ejecutivo: 83,000,000 pesos.
- Costos de liberación de derecho de vía: 442,411,500 pesos.
- Inversión en material rodante: 18 trenes a un costo total de 1,386,000,000 pesos.

Los costos totales de inversión serían de 15,252,389,273 pesos. Se tienen costos por molestias por 632.5 millones de pesos de 2013. Los costos de operación y mantenimiento del material rodante y de la infraestructura, en el primer año de operación (2017) serían de 280,647,049 pesos. Además, será necesario incurrir en costos de operación y mantenimiento mayor de la infraestructura cada 10 años y sería de 169,062,457 pesos en el año 2026.

### *c) CGV para la alternativa Tren Ligero*

La implementación de la alternativa Tren Ligero, requeriría construir túneles, viaductos, 13 estaciones elevadas y 5 subterráneas; esto implicaría que el impacto en la movilidad de los vehículos de las vialidades sería nulo. Los CGV estimados a lo largo del horizonte de evaluación para la alternativa Tren Ligero, se presentan en la siguiente tabla.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 39** CGV estimado de la alternativa Tren Ligero en millones de pesos

Año	COV (a)	Tiempo (b)	CGV (a+b)
2017	4,619.7	4,113.0	8,732.7
2018	4,746.5	4,268.4	9,014.9
2019	4,877.1	4,429.8	9,306.9
2020	5,011.5	4,597.4	9,608.9
2021	5,149.9	4,771.4	9,921.3
2022	5,292.4	4,952.1	10,244.5
2023	5,439.1	5,139.8	10,578.8
2024	5,590.1	5,334.7	10,924.8
2025	5,745.6	5,537.1	11,282.7
2026	5,905.7	5,747.3	11,653.0
2027	6,070.6	5,965.6	12,036.2
2028	6,196.2	6,106.4	12,302.6
2029	6,324.6	6,250.7	12,575.3
2030	6,455.8	6,398.4	12,854.2
2031	6,589.8	6,549.8	13,139.6
2032	6,726.8	6,704.8	13,431.6
2033	6,866.8	6,863.6	13,730.4
2034	7,009.9	7,026.3	14,036.1
2035	7,156.1	7,192.9	14,349.0
2036	7,305.5	7,363.6	14,669.1
2037	7,458.2	7,538.5	14,996.7
2038	7,576.9	7,669.3	15,246.3
2039	7,697.6	7,802.4	15,500.0
2040	7,820.2	7,937.9	15,758.1
2041	7,944.8	8,075.7	16,020.6
2042	8,071.5	8,216.0	16,287.5

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### iii. Análisis comparativo entre alternativas

En el análisis comparativo de los CGV estimados de las alternativas, se observa que el Tranvía genera mayores costos que el Tren Ligero; esto se debe, a que el primero convive con las vialidades urbanas, disminuyendo el flujo vehicular de los autos, mientras que el Tren Ligero no tiene relación con el tránsito del corredor.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 40** Comparativo de los CGV entre las alternativas propuestas en millones de pesos corrientes

Año	Tranvía (a)	Tren ligero (b)	Diferencia (a - b)
2017	15,318.5	8,732.7	6,585.8
2018	15,624.6	9,014.9	6,609.7
2019	16,046.9	9,306.9	6,740.0
2020	16,481.0	9,608.9	6,872.1
2021	16,927.1	9,921.3	7,005.8
2022	17,385.7	10,244.5	7,141.2
2023	17,857.0	10,578.8	7,278.2
2024	18,341.4	10,924.8	7,416.7
2025	18,839.4	11,282.7	7,556.7
2026	19,351.2	11,653.0	7,698.2
2027	19,877.3	12,036.2	7,841.1
2028	20,276.1	12,302.6	7,973.5
2029	20,640.3	12,575.3	8,065.0
2030	21,011.1	12,854.2	8,156.9
2031	21,388.8	13,139.6	8,249.2
2032	21,773.3	13,431.6	8,341.7
2033	22,165.0	13,730.4	8,434.6
2034	22,563.8	14,036.1	8,527.6
2035	22,969.9	14,349.0	8,620.9
2036	23,383.5	14,669.1	8,714.4
2037	23,804.7	14,996.7	8,808.0
2038	24,110.9	15,246.3	8,864.7
2039	24,392.4	15,500.0	8,892.3
2040	24,677.3	15,758.1	8,919.2
2041	24,965.9	16,020.6	8,945.3
2042	25,258.0	16,287.5	8,970.5

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Finalmente, en la comparativa del valor presente de los costos de ambos proyectos, se observa que el Tranvía tiene menores costos de inversión y de operación y mantenimiento; sin embargo, el Tren Ligero presenta menores CGV. La diferencia de las sumas de los tres conceptos, es el Tren Ligero quien menores costos totales a lo largo del horizonte de evaluación.

**Tabla 41** Comparativo de los costos entre alternativas en valor presente (pesos de 2013)

Alternativa	Inversión (a)	Costos de operación y mantenimiento (b)	CGV (c)	Total de costos (a+b+c)
Tranvía	-6,265,999,751	-816,393,359	-161,312,744,312	-168,395,137,422
Tren Ligero	-11,953,331,310	-1,795,051,678	-96,223,624,198	-109,972,007,186

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Del análisis de la información antes expuesta, se recomienda evaluar la alternativa de Tren Ligero.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 4. SITUACIÓN CON PROYECTO

El presente capítulo describe los principales componentes del proyecto, su alineación estratégica, montos de inversión, fuentes de financiamiento y metas anuales de producción. Adicional, se presentan los cambios derivados de la realización del proyecto y como afectan la oferta, demanda e interacción.

#### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

De acuerdo con los lineamientos<sup>24</sup> publicados por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en la sección II Tipos de Programas y Proyectos de Inversión, en su inciso 2, clasifica los proyectos de inversión en cinco tipos; en la clasificación (i) se establece: “Proyectos de infraestructura económica, cuando se trate de la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de agua, comunicaciones y transportes (...)”.

Con base en estos criterios, el presente proyecto corresponde a la categoría de infraestructura económica para la producción de bienes y servicios del sector comunicaciones y transportes.

##### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El trazado previsto para la línea 3 del Tren Ligero discurre de Noroeste a Sureste por la Zona Metropolitana de Guadalajara, recorriendo las zonas más pobladas de Zapopan, el propio municipio de Guadalajara y Tlaquepaque.

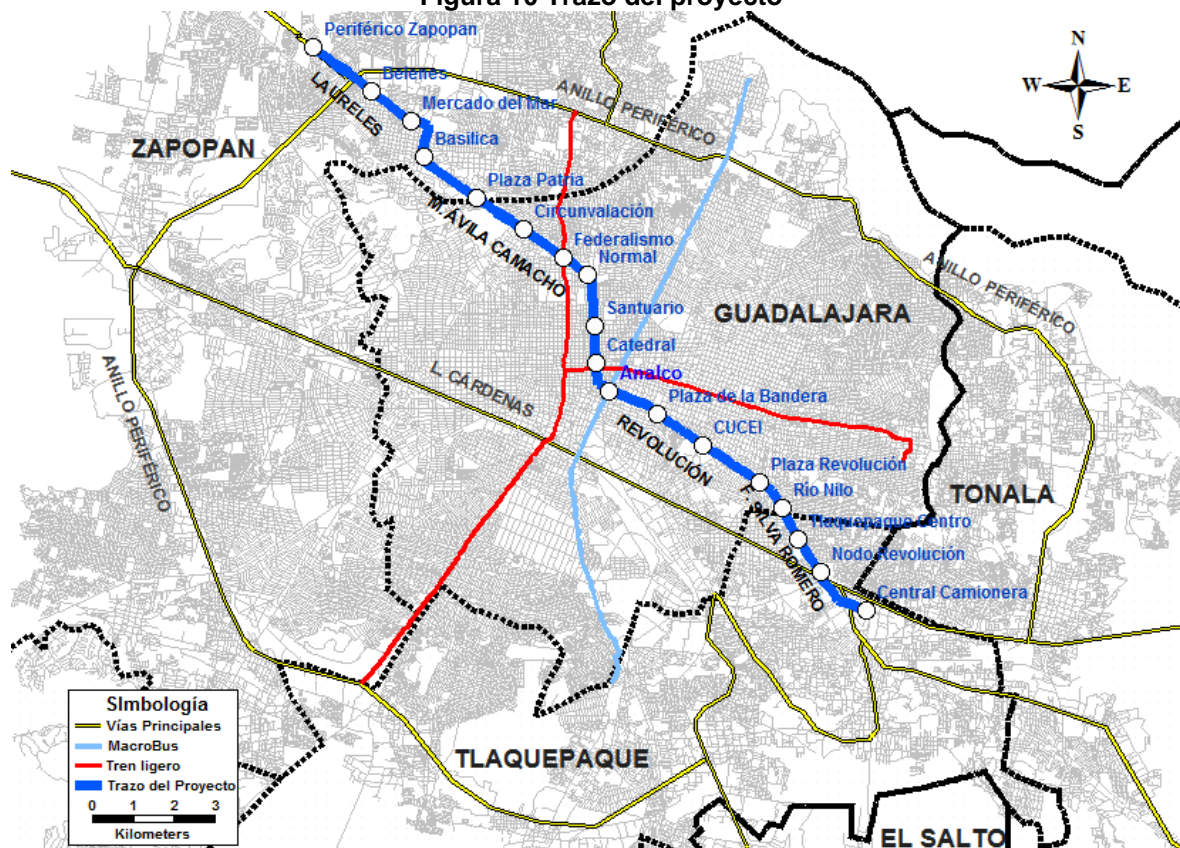
---

<sup>24</sup> Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, Sección II: Tipos de Proyectos y Programas de Inversión. Diario Oficial de la Federación, Primera Sección, viernes 27 de abril de 2012.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 10 Trazo del proyecto**



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El trazado se ha estructurado en cinco tramos en función de tres secciones tipo definidas como: a nivel, en viaducto y en túnel.

**Tabla 42** Tramos propuestos para la línea 3 del Tren Ligero de Guadalajara

Tramo	Zona	Tipo de construcción	Longitud (km)
I	Zapopan - Periférico	A nivel	1.25
II	Zapopan - Guadalajara	Viaducto Elevado	7.80
III	Guadalajara Centro	Túnel	3.10
IV	Guadalajara - Tlaquepaque	Viaducto Elevado	7.85
V	Tlaquepaque	A nivel	1.00

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

La ubicación del inicio y del término del proyecto corresponde a las terminales, del tren que se encuentra en las coordenadas mostradas en la siguiente tabla:

**Tabla 43** Ubicación del inicio y del término del proyecto

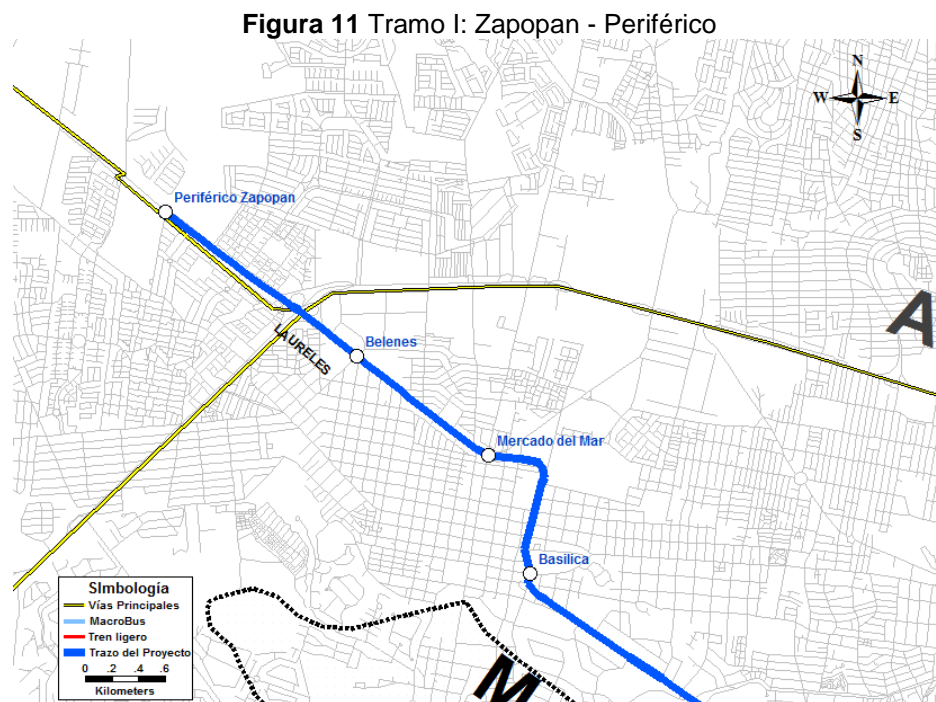
Estación	Geográficas		UTM		Decimales	
	N	O	N	E	Latitud	Longitud
Zapopan - Periférico	20° 44' 21.51"	103° 24' 18.02"	2 294 115	666 068	20.739308°	-103.405006°
Central de Autobuses	20° 37' 22.72"	103° 17' 07.23"	2 281 364	678 666	20.622978°	-103.285342°

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### I. Tramo Zapopan - Periférico

El trazo comienza en el Noreste en el municipio de Zapopan, en la intersección de la Avda. Juan Pablo II (antigua Avda. Laureles) con el Periférico. Esta zona, situada al final de la zona conurbada, permite empezar en superficie y ubicar posibles zonas de cocheras. Dado que todos los planes de zonas nuevas conurbadas del Estado se concentran hacia el Noreste de este punto, se podrían plantear en el futuro ampliaciones si la demanda lo justifica. En la Figura 11 se muestra el tramo I: Zapopan - Periférico.



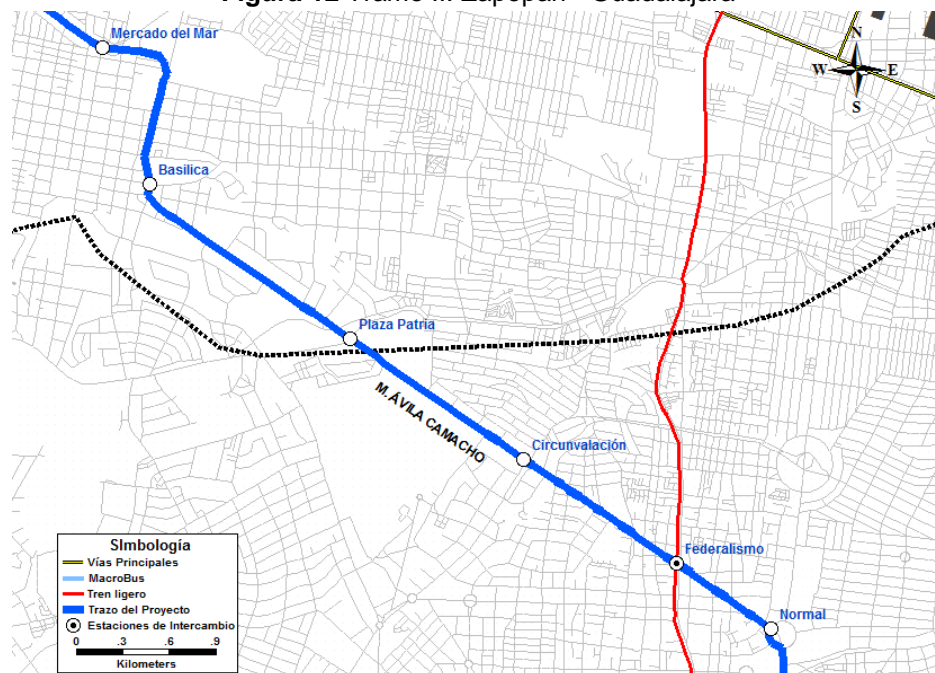
Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### II. Tramo Zapopan – Guadalajara

El trazo continua por las Avenidas Juan Pablo II y Manuel Ávila Camacho, pasando al municipio de Guadalajara. Esta zona de unos 8 km de longitud se caracteriza por amplias avenidas con camellón central y vías laterales, por lo que el viaducto elevado constituye la solución más adecuada.

**Figura 12 Tramo II: Zapopan - Guadalajara**



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Al final de este tramo se produce el cruce con la línea 1 (subterránea), por lo que se diseñó una estación de transferencia de pasajeros (Estación de Federalismo). El objetivo es la conexión ferroviaria de ambas líneas.

### III. - Tramo Guadalajara Centro

Posteriormente el trazo gira por las calles Avenida Alcalde y 16 de Septiembre y discurre en una longitud aproximada de 3 km por el Centro Histórico de Guadalajara, lo que constituye la zona de mayor captación de demanda de pasajeros. En este tramo las calles se hacen más angostas, por lo que la recomendación es hacer pasar la línea subterránea y profunda: por debajo del túnel carretero de la calle

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

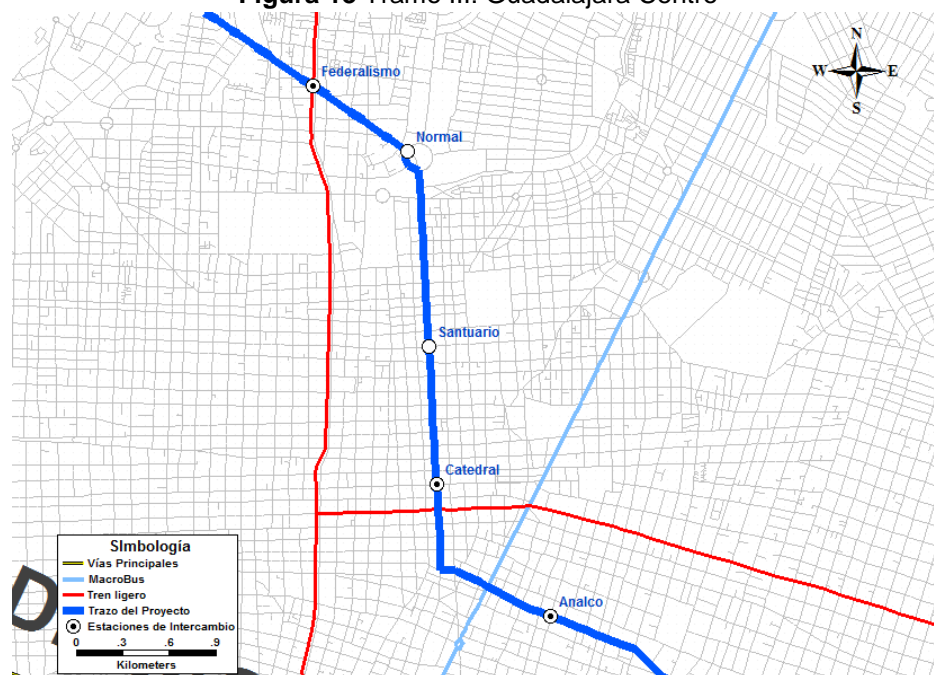
Avenida Hidalgo, por debajo de la Línea 2 del Tren Ligero y por debajo del río encauzado de la calle Independencia por la que circula el Metrobús.

Se prevé una solución mediante tuneladora con presión de tierras balanceada (EPB) con el objetivo de ejecutar los trabajos con seguridad suficiente ante la presencia de edificios históricos en superficie y poder ajustar el trazo en planta en calles con curvas muy cerradas.

En el cruce con la línea 2 se diseña una estación de transferencia de pasajeros (Catedral) con la estación Universidad.

Además, se diseñará en esta zona una cola de maniobras por si la construcción del tramo final hacia Tlaquepaque se decidiera realizar en fases posteriores.

**Figura 13 Tramo III: Guadalajara Centro**



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

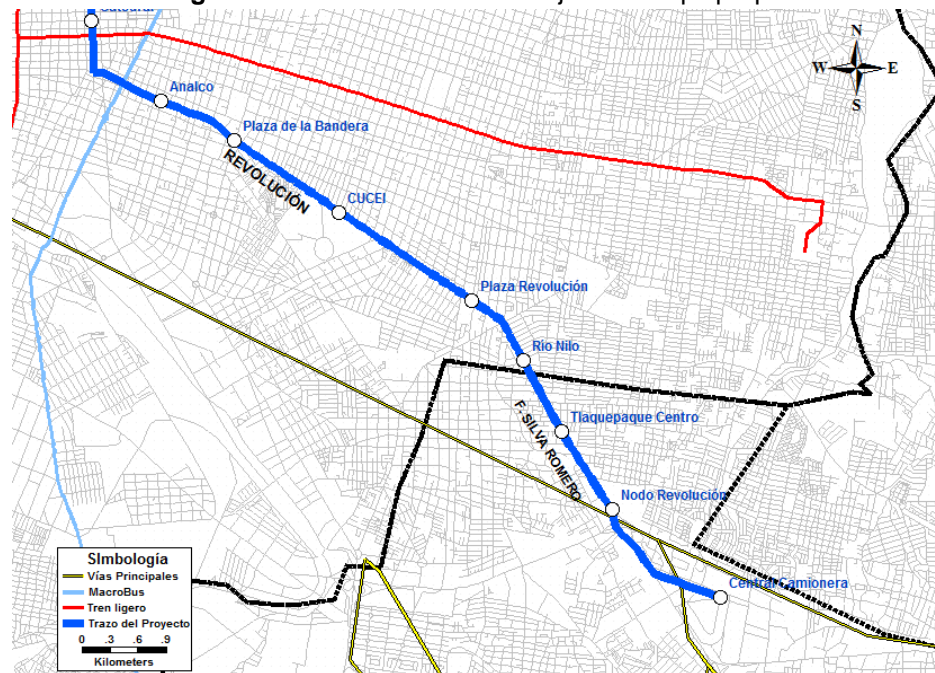


## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### IV y V. - Tramo Guadalajara – Tlaquepaque

Finalmente, una vez pasada la calle Independencia, el trazo pasa por la avenida Revolución hacia Tlaquepaque, finalizando en su intersección con San Rafael. Este tramo tiene una longitud de 10 km y se propone una solución similar a la planteada en el tramo II en viaducto elevado.

**Figura 14** Tramo IV - V: Guadalajara - Tlaquepaque



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El entorno urbano por el cual discurrirán los tramos en Viaducto Elevado de la traza de la nueva Línea de Transporte Urbano de Guadalajara, principalmente las avenidas Manuel Ávila Camacho (Tramo II) y Revolución (Tramo IV), presenta las siguientes características:

- zonas residenciales formadas por edificaciones de poca altura (uno o dos niveles)
- baja densidad de construcción
- alternancia de parques y de zonas con vegetación
- anchas avenidas con camellón central y tráfico de vehículos

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Los requerimientos para el trazado en planta de la línea de Tren Ligero son los siguientes:

- Radio mínimo: 100 m
- Sobre - ancho máximo: 30 mm

Los requerimientos para el trazado en alzado de la línea de Tren Ligero son los siguientes:

- Radio mínimo de acuerdo vertical: 2000 m
- Peralte máximo: 160 mm
- Insuficiencia de peralte máxima: 150 mm

### 4.1.2 MATERIAL RODANTE

La flota del proyecto será de 16 trenes con una capacidad de 500 pasajeros (Tren Ligero) con rodado férreo. La siguiente imagen muestra las alternativas de trenes propuestos.

**Figura 15** Alternativas de material rodante



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Las características técnicas propuestas para el material rodante son:

- Tensión nominal de alimentación 600VCD, captación por catenaria
- Sistema de Tracción tipo asíncrono.
- Potencia nominal del motor de tracción de 265 KW.
- Control el sistema de tracción por microprocesador.
- Relación de transmisión 5.625:1.
- Bogie tipo H mecosoldado; cada vehículo tiene 2 bogies motrices (monomotores) y un remolque.
- Tipo de tracción GTO.
- Bidireccional con dos cabinas de conducción.
- Generación de tensión alterna trifásica, 4 hilos: 220 VAC 60 HZ a través de un convertidor estático.
- Generación de tensión directa a través de baterías de acumuladores; mantiene su carga por un convertidor estático.
- Laminación y estructura de acero de alta resistencia y baja aleación.
- Enganche automático entre vehículos que permite acoplamientos mecánico, eléctrico y neumático.
- Sistema de frenado eléctrico regenerativo, eléctrico reostático, neumático y electromagnético de emergencia y de estacionamiento.
- Suspensión primaria tipo chevrón.
- Suspensión secundaria neumática.
- Ventilación: condición de confort de 28,000 m<sup>3</sup>/h de aire nuevo proporcionado por 14 motoventiladores de tipo axial.
- Ventanas tipo abatible: parte inferior fija, parte superior basculante.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- Puertas de acceso de pasajeros tipo deslizante.
- Puerta de acceso a cabina por el interior tipo vaivén.

La capacidad y funcionamiento propuestos para el material rodante son:

- Pasajeros sentados 100
- Pasajeros de pie 400
- Total de pasajeros 500
- Velocidad máxima de servicio 70 km/h.
- Velocidad comercial estimada tomando en cuenta el trazo y las estaciones: 35km/h
- Aceleración máxima 1.0 m/seg<sup>2</sup>
- Desaceleración de servicio ( a  $\frac{3}{4}$  carga máx.) 1.0m/seg<sup>2</sup>
- Desaceleración de emergencia (con carga máx.) 1.8m/seg<sup>2</sup>
- Radio mínimo de curvatura horizontal 25 m
- Radio mínimo de curvatura vertical 250 m

Las dimensiones y peso del material rodante se presentan a continuación:

- Longitud del tren 29.560 m
- Ancho exterior 2.650 m
- Ancho interior 2.440 m
- Altura máxima 3.570 m
- Altura del piso 1.020 m
- Altura máxima del pantógrafo 6.268 m

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- Altura mínima del pantógrafo 3.868 m
- Altura interior 2.142 m
- Altura claro libre puerta de acceso 1.900 m
- Ancho claro libre puerta de acceso 1.300 m
- Características de la rueda metálica 0.740 m  $\varnothing$
- Radio de la llanta 0.370 m
- Distancia entre ejes de bogies 2.100 m
- Distancia entre centros de bogies 10.300 m
- Distancia entre caras de ruedas 1.360 m
- Ancho de vía 1.435 m
- Peso vacío 40,000 kg
- Peso de carga con capacidad máx. (300 pasajeros) 61,000 kg

### 4.1.3 ESTACIONES

Se construirán 18 estaciones de las cuales 13 serán superficiales y 5 subterráneas. El diseño de las estaciones será de 75 metros.

En lo referido a la ubicación de estaciones, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación en zonas de demanda
- Localización en lugares con espacio físico
- Separación entre estaciones entre 700 y 1500 m
- Posibilidad de transferencia con otros sistemas de transporte

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

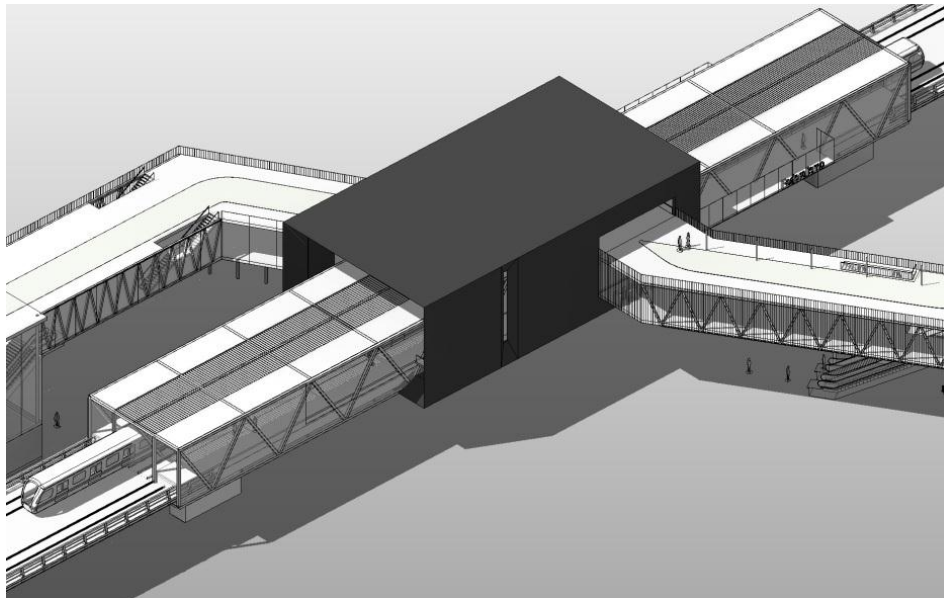
---

### **Estaciones superficiales**

La imagen exterior que se pretende para las estaciones elevadas es de una caja longitudinal principal que contiene en su interior los andenes y que permita la entrada de luz. Esta caja se completa con otra caja “negra” que recibe los accesos en pasarelas y funge como vestíbulo de acceso permitiendo los cambios a nivel entre andenes.

Se pretende además que ambas cajas se apoyen en dos grandes pilas – núcleo dispuesto en cada extremo de la estación, consiguiéndose así una imagen diáfana y libre de obstáculos en la parte inferior de la estación.

**Figura 16** Prediseño exterior de estaciones superficiales



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

En el espacio delimitado entre ambos núcleos se dispondrá en modo subterráneo los principales locales técnicos como lo son las subestaciones de tracción y de potencia.

Se pretende además que las pasarelas de acceso tengan una integración visual – funcional y estructural con la estación.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

La imagen interior buscada consiste en unos andenes libres de obstáculos estructurales para los usuarios. Además se busca que la zona vista desde el interior de la caja negra parezca flotar sobre la caja principal de la estación.

En el caso de las pasarelas se pretende igualmente libres de obstáculos para el usuario.

**Figura 17** Pre - diseño interior de estaciones superficiales



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Con todas las condicionantes indicadas anteriormente se plantea un sistema estructural conformado por los siguientes elementos.

- i. Celosías Longitudinales. - Tres celosías longitudinales (2 en fachada y una central entre ambas vías) que a modo de puente permitan salvar la importante luz entre los apoyos – núcleos, situados en los extremos de los andenes. Estas celosías serán metálicas y sus elementos (cordones superiores, cordones inferiores y diagonales) estarán conformados por chapas con apariencia de cajón rectangular. El ajuste de los requerimientos de cada elemento se realizará en el espesor de las chapas pudiendo mantener la apariencia externa. Estas tres celosías tendrán una longitud aproximada de 75 m y un peralte a canto estructural de 7.5m, lo que proporciona una esbeltez al conjunto de  $100/7.5 = 13.3$ . Es importante indicar que con los pre-

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

diseños realizados se recomienda utilizar la celosía central (entre las vías). Dicha celosía aporta las siguientes ventajas:

Se aligeran las soluciones estructurales de los forjados (andenes, plataformas de trenes y forjados) al reducir el claro estructural de los mismos, pasando de un elemento con dos puntos de apoyo de 15 m de aclaro aproximadamente (anchura de la caja) a un elemento continuo de dos vanos y en 7.5 de clara en cada vano.

En esta celosía central, e concentra la mayor parte de la caja, lo que permite aligerar las celosías situadas en la fachada, lo cual permitirá mayores posibilidades arquitectónicas.

Con el objetivo de facilitar la transmisión de carga a los apoyos – núcleos situados en los extremos de los andenes y que tendrán una anchura máxima de 8 m para evitar una fuerte afectación a la vialidad inferior (deberá ser ajustado).

Lo anterior es debido a que la celosía central (más cargada) se apoya directamente sobre los apoyos – núcleos centrados transversalmente en a caja mientras que las celosías de fachada (menos cargadas) necesitan de elementos tipo riostras para trasladar su carga hacia los apoyos – núcleo (anchura aproximada de 8 m frente a los 15 m de separación entre fachadas).

Desde el punto de vista constructivo no se presenta ninguna dificultad y el montaje se realizará con apoyos provisionales intermedios.

- ii. Caja Negra.- Se resuelve igualmente mediante estructura metálica que en este caso quedará oculta por los acabados interiores y exteriores. Dicha caja debe recibir directamente las conexiones con las pasarelas de acceso a la estación.

Un efecto visual perseguido es que en la zona donde el peatón pueda cambiar de andén (por arriba o por debajo de los andenes) de la sensación de que la caja negra esté flotando (sin conexión estructural) sobre la caja de los andenes. Ello se consigue haciendo que el soporte vertical de la caja sobre las celosías se produzca en la cara opuesta (en el plano inferior si el cambio de andén es superior y en el plano superior si el cambio de andén es inferior).

Para la estabilidad transversal de la caja se usarán las propias pasarelas a podo de puntales.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- iii. Pasarelas de conexión.- Dichas de las pasarelas se resuelven con celosías en fachadas similares a las utilizadas en la caja principal de la estación. Estas celosías se apoyan en pilares propios del acceso y finalmente en la caja negra. Para evitar que la carga transmitida a la caja negra (y por lo tanto a las celosías de la caja de la estación) serán elevados, se deberán disponer pilares bajo las pasarelas próximas a la estación. En caso de que esto no sea posible se utilizará un tercer apoyo – núcleo en el centro de la estación.
- iv. Forjados. - Los diferentes forjados (andenes, plataformas de trenes, pisos de andenes, etc.) se resolverán mediante estructura mixta formada por perfiles metálicos conectados a las celosías y losas de concreto.
- v. Apoyos – Núcleo. - Tal y como se ha indicado anteriormente la idea de apoyar todo el conjunto de la estación en dos grandes apoyos situados en los extremos de la estación. Las funciones de estos apoyos serán:
  - 1. Soportar las cargas verticales de toda la estación.
  - 2. Soportar las cargas horizontales (Sismo y viento) de toda la estación.
  - 3. Permitir la subida y bajada de instalaciones (gran ducto de instalaciones) para permitir la conexión de las instalaciones subterráneas con la estación.
  - 4. Permitir la subida y la bajada del personal operativo de las instalaciones.

Estos apoyos, al igual que su probable cimentación mediante pilotes, serán de concreto y con forma de caja hueca. Sus dimensiones deberán ser los mínimos que permitan cumplir con las funciones indicadas anteriormente y que minimicen el impacto sobre la vialidad existente (deberá ser acondicionada bajo las estaciones por la dimensión de núcleos que será superior al camellón central).

### **Estaciones subterráneas**

Todas las estaciones subterráneas se conforman mediante una caja cerrada con dimensiones interiores aproximadas de 115 m de largo por 20 m de ancho. El perímetro de dichas estaciones se realizará mediante pantalla continua de concreto armado con un espesor que oscilará entre 100 y 120 cm. Una

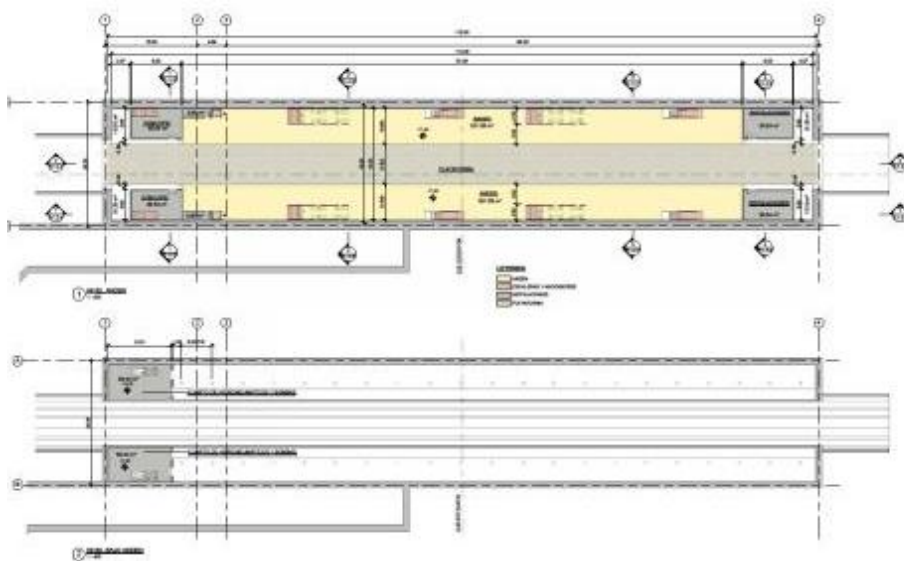


## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

vez ejecutadas las pantallas se procederá a ejecutar el interior de la estación por el método invertido, comenzando por la ejecución de la tapa para poder restituir el tráfico lo antes posible.

Con el fin de acelerar todo lo posible la ejecución de la tapa se ha optado por utilizar trabes prefabricadas en sentido transversal de 20 m de claro rematadas por una losa in situ de 30 cm de espesor que quedará vinculada a las pantallas.

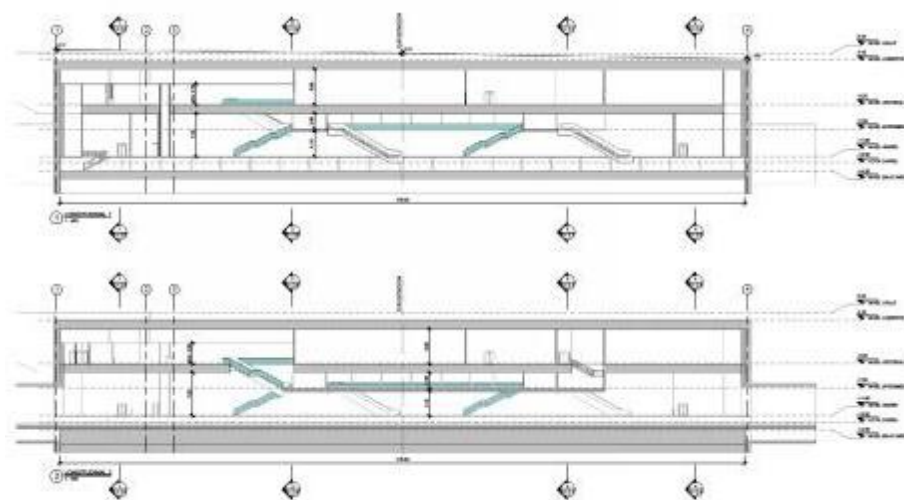
**Figura 18** Plantas de las estaciones subterráneas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

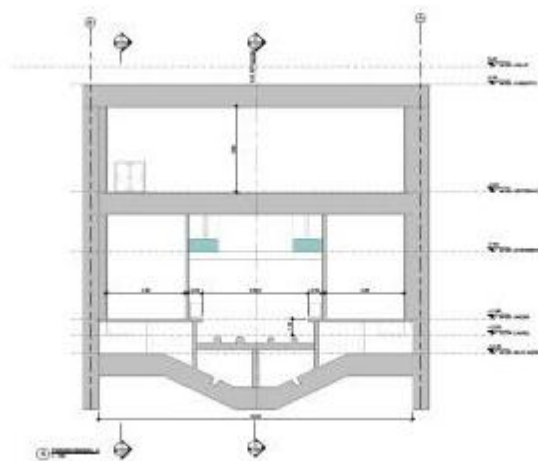
## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 19** Perfiles de las estaciones subterráneas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

**Figura 20** Fachada de las estaciones subterráneas

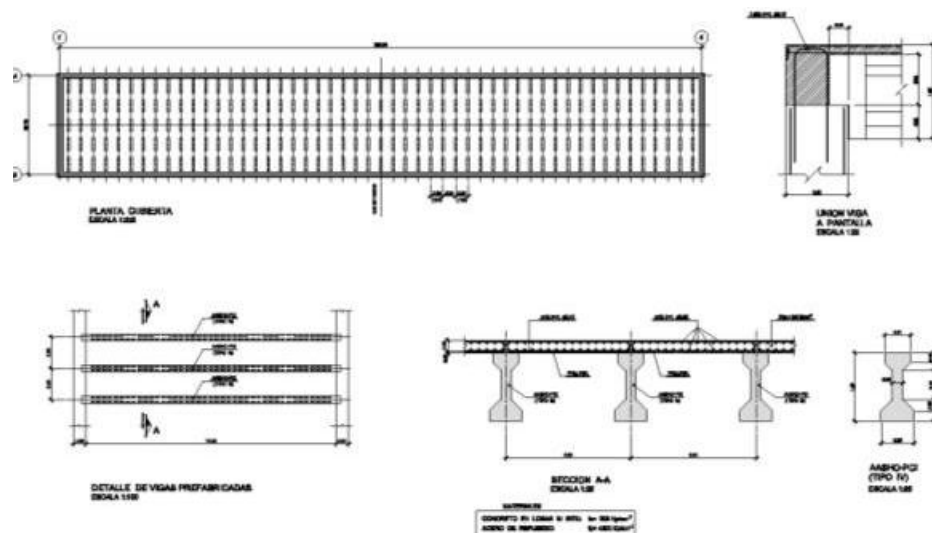


Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Se muestra a continuación la solución propuesta en la fase de concurso y que puede utilizarse como referencia de partida.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 21** Solución propuesta de las estaciones subterráneas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El vestíbulo se plantea como una losa aligerada ejecuta in situ sobre el terreno o sobre cimbra. Su vinculación a la pantalla será a cortante únicamente (sin capacidad de transmitir momentos) mediante barras ancladas con resina.

A modo de primer encaje se pueden considerar las siguientes dimensiones:

- Canto total de la losa: 150 cm
- Distancia maciza en cada extremo: 300 cm
- Altura de aligeramiento: 120 cm
- Anchura de aligeramiento: 75 cm
- Espesor de ala superior: 15 cm
- Espesor de ala inferior: 15 cm
- Espesor alma: 25 cm

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Las combinaciones de carga, así como el diseño estructural se realizarán con el reglamento ACI - 318 - 08.

Las cargas a considerar son:

- Peso propio (densidad 25 KN/m<sup>3</sup>)
- Carga permanente: 2.5 KPa
- Sobre carga de uso: si el uso es peatonal 5 KPa; si son instalaciones estándar 10 KPa; si son instalaciones especiales se analizarán según equipos. En el caso de extraerse el material de la excavación mediante contenedores por la rampa del vestíbulo se analizarán las cargas de los camiones circulando por una zona acotada del forjado.

En la zona donde reciba el cuelgue del nivel intermedio se realizarán refuerzos para alojar los anclajes y resistir las cargas. Adicionalmente se aplicará una carga de construcción (aún por definir) para considerar el acopio de contenedores llenos de escombros de excavación de la zona inferior).

Con respecto a los materiales, se utilizará un concreto de 40 MPa (con el objetivo de poder conseguir rápido los 25 MPa y poder descimbrar) y acero ASTM A615 grado 60 (420 MPa).

Para la zona de huecos de escaleras se disponen trabes horizontales que permitan el arriostramiento de las pantallas.

Se diseña como una estructura colgada del nivel de vestíbulo mediante cuelgues pasivos metálicos (dos tubos concéntricos, el interior como estructural y el exterior como encofrado para el relleno con mortero ignífugo). La plataforma se resuelve en concreto armado con el esquema de trabes en los bordes y losa transversal.

Para evitar vibraciones horizontales se arriostrará contra las pantallas en situación definitiva.

Las combinaciones de carga, así como el diseño estructural se realizarán con el reglamento ACI - 318 - 08. Las cargas a considerar son:

- Peso propio (densidad 25 KN/m<sup>3</sup>)
- Carga permanente: 2.5 KPa

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

- Sobre carga de uso: 5 KPa;

La propuesta inicial implica 18 estaciones con transferencia en Federalismo (línea 1) y Catedral (línea 2), tal y como se puede observar en la tabla y el croquis que se presentan a continuación.

En la siguiente tabla se presentan todas las estaciones, incluyendo su clasificación y localización.

**Tabla 44** Tipos de estaciones en el corredor

Nombre	Tipo de estación	Calle	Entre calles
Central camionera - Tlaquepaque	Elevada	Av. De las Torres	
Nodo de Revolución	Elevada	Calle Francisco Silva Romero	
Tlaquepaque	Elevada	Calle Francisco Silva Romero	Calle Zaragoza
Rio Nilo	Elevada	Calzada Revolución	Calle Rio Nilo
Plaza Revolución	Elevada	Calzada Revolución	Calle Jorge Isaac
Cucei U de G	Elevada	Calzada Revolución	Calle Díaz Mirón
Plaza de la Bandera	Subterráneo	Calzada Revolución	Calzada Del Ejercito
Analco	Subterráneo	Calzada Revolución	Calle Analco
Catedral	Subterráneo	Av. Fray Antonio Alcalde	Calle Morelos
Alcalde Santuario	Subterráneo	Av. Fray Antonio Alcalde	Calle Juan Álvarez
Normal	Subterráneo	Av. Manuel Ávila Camacho	Av. Fray Antonio Alcalde
Federalismo	Elevada	Av. Manuel Ávila Camacho	Calzada Del Federalismo Norte
Circunvalación	Elevada	Av. Manuel Ávila Camacho	Circunvalación Providencia
Plaza Patria	Elevada	Av. Manuel Ávila Camacho	Av. Patria
Basílica	Elevada	Av. Los Laureles	Av. Aurelio Ortega
Mercado del Mar	Elevada	Av. Los Laureles	Av. Pino Suárez
Belenes	Elevada	Av. Los Laureles	Boulevard La Carreta
Periférico Zapopan	Elevada	Av. Tesistan	Calle Arcos de Alejandro

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 4.1.4 VIADUCTO

El viaducto tendrá una longitud aproximadamente de 15.75 km, sobre el cual se encontrarán 13 estaciones.

Se proyecta la implantación de una solución elevada para la nueva línea del Sistema de Transporte Urbano de Alta Capacidad de Guadalajara en los siguientes tramos:

- Tramo II: Zapopan - Guadalajara, desde el Periférico por las avenidas Juan Pablo II y Manuel Ávila Camacho hasta el final de esta última (7.80 km).
- Tramo IV: Guadalajara - Tlaquepaque, una vez pasada la calle Independencia por la avenida Revolución hasta la intersección con San Rafael (7.85 km).

Dada la longitud de estructura elevada a construir, se ha optado en lo posible por emplear soluciones consistentes en elementos prefabricados y modulados que permitan un proceso de construcción industrializado y automatizado, con un ritmo de ejecución elevado y un exigente control de calidad.

#### **Viaducto elevado para módulo tipo**

La configuración de los módulos de viaducto elevado típicos se ha adaptado a la configuración de las calles y avenidas por donde circula la traza de la nueva línea de metro, de forma que no se afecte al trazado de las mismas ni tampoco se altere el flujo actual de los vehículos. La estructura quedará de este modo ubicada en el camellón central de las amplias avenidas por donde pasará la línea.

El viaducto elevado se modulará, en su mayor parte, con tres claros isostáticos distintos de 37, 40 y 43 m, adaptándose su distribución con el fin de evitar viales y obstáculos inferiores. En puntos singulares de la traza o en las zonas cercanas a las estaciones se podrán alterar dichos valores con el fin de permitir un correcto encaje.

Las luces de cálculo serán iguales a 36, 39 o 42 m dado que se dispondrán entregas de 0.50 m tras los aparatos de apoyo.

La tipología estructural elegida consiste en un tablero metálico compuesto por una sección cajón central de 2.65 m de canto y 2.50 m de ancho sobre la que se conecta una losa de concreto de 25 cm de

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

espesor. Cada 3.00 m se disponen costillas transversales de 5.00 m de longitud y canto variable. El cajón central sirve a su vez para la ubicación del pasillo de evacuación hacia las estaciones o desembarcos por algún pilar. La losa de concreto reforzado con un espesor variable de 30 a 35 cm que conforma la vía en placa se dispone directamente sobre las costillas. El ancho total resultante del viaducto es de 12.50 m. No se dará continuidad estructural en zona de apoyos a las losas de concreto.

**Figura 22** Render arquitectónico de estructura de viaducto elevado



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

La subestructura estará formada por pilas de concreto reforzado con cimentación profunda a determinar de acuerdo al Informe de Estudios Geotécnicos preceptivo para cada tramo de la línea. La sección de las pilas es ovalada y previsiblemente estará formada por la macla de dos círculos. Será constante en toda su altura excepto en cabeza, donde la anchura transversal aumenta de cara a permitir el apoyo de la superestructura.

El diseño de la subestructura es controlado esencialmente por consideraciones relativas al sismo.

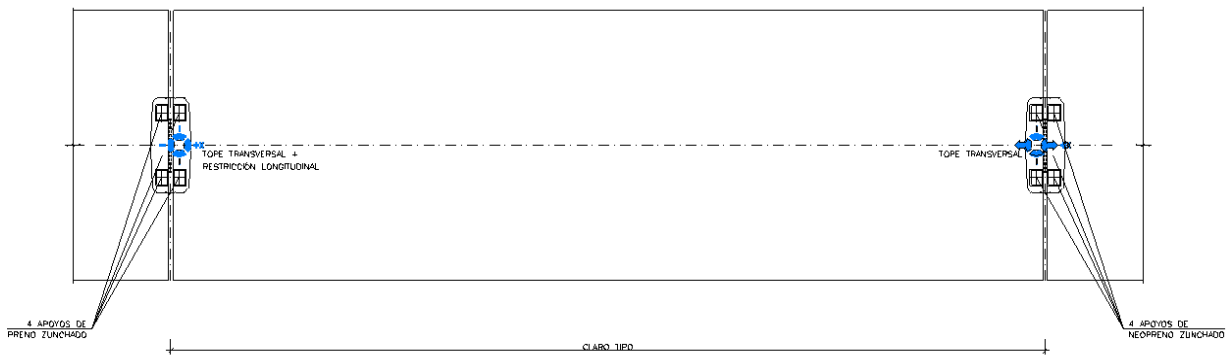
Las cargas verticales y horizontales de servicio de la superestructura se transmiten a las pilas por medio de apoyos de neopreno reforzados con placas de acero. Se dispone asimismo de un sistema para evitar el posible vuelco de la superestructura causado por un eventual descarrilamiento del tren. La transmisión de las fuerzas transversales sísmicas se realiza a través de topes sísmicos dispuestos entre el tablero y el capitel de las pilas. Las fuerzas longitudinales sísmicas se transmiten a las pilas por medio de dispositivos de restricción longitudinal infiltrados en el capitel. Un claro tipo se fija transversalmente para



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

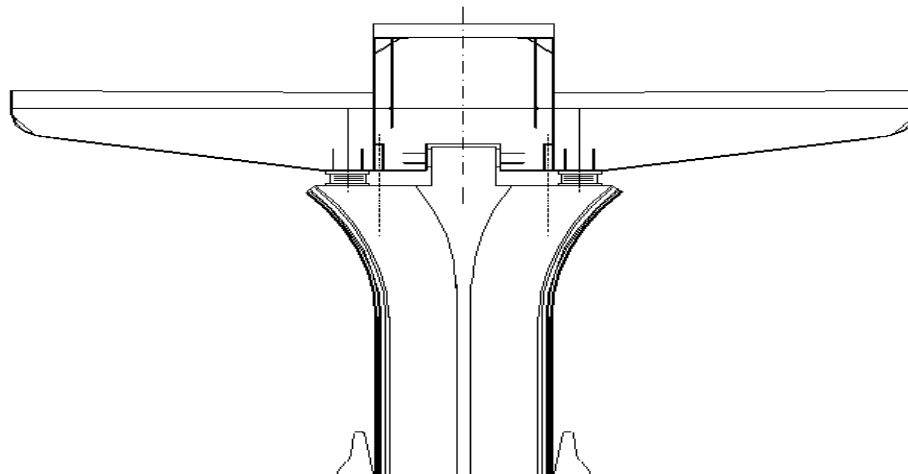
sismo en cada una de las pilas, mientras que longitudinalmente se restringe el movimiento longitudinal en uno de los apoyos.

**Figura 23** Esquema en planta de vinculaciones de tablero



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

**Figura 24** Posible configuración del tope sísmico en cabeza de pila



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### **Viaducto en estación**

La configuración estructural de la superestructura del viaducto elevado en zonas de estación deberá adaptarse para satisfacer los requerimientos funcionales y arquitectónicos.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

En esta fase del anteproyecto la estructura correspondiente a las zonas de estación no ha sido definida.

### **Viaducto en zona de transición**

El cajón central se adaptará de cara a permitir el cruce de vías en las zonas adyacentes a las estaciones. En esta fase del anteproyecto la estructura correspondiente a estas zonas está pendiente de definición.

### **Viaductos singulares**

En esta fase del anteproyecto las estructuras en puntos singulares de la traza en los que no se pueda aplicar la solución del Viaducto Elevado tipo no han sido definidas todavía.

### **4.1.5 TÚNEL**

Se propone la construcción de un túnel de aproximadamente 4.3 km de longitud, que albergará 5 estaciones subterráneas.

El diseño de propuesta prevé la utilización de anillos de dovelas de tipo universal constituidos por 6+1 dovelas prefabricadas de forma que se definan 19 posiciones posibles para la clave, con tres pernos por dovela normal y un perno para la dovela clave.

El procedimiento propuesto para el diseño es el siguiente: A partir de los parámetros de trazado se determinará la longitud media y conicidad a adoptar en el anillo de dovelas. Se analizará y justificará la tipología más adecuada a utilizar para las juntas radiales y circunferenciales. Paralelamente al diseño geométrico se realizará el diseño estructural, que permitirá definir el espesor del anillo. Como resultado de esta actividad, se presentaran planos con las posiciones de las dovelas y con la definición geométrica de las mismas, incluyendo el detalle de las juntas, elementos de conexión y estanqueidad.

### **Diseño estructural del anillo de revestimiento**

La comprobación estructural preliminar del anillo se hará teniendo en cuenta los siguientes estados de carga:

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### Situaciones transitorias:

- Esfuerzos en fase de acopio.
- Esfuerzos debidos a la manipulación y el montaje.
- Empuje de gatos de la tuneladora.

### Situaciones persistentes:

- Empuje de tierras y agua freática.

### Situaciones accidentales:

- Sismo.
- Fuego.

El dimensionamiento estructural del anillo incluirá, asimismo, el diseño de los elementos de conexión y unión entre dovelas. Como resultado del diseño estructural del revestimiento, se presentaran planos de detalle que incluyan el armado de las dovelas, los cuadros de características de los materiales a utilizar y los detalles constructivos de los elementos de conexión entre dovelas.

### **Exploración y control de dovelas**

Dentro del programa de exploración y control, y para conocer la tensión de trabajo en el interior de las dovelas se instalarán extensómetros de cuerda vibrante en las armaduras de las mismas, dentro de la masa de concreto. Estarán previamente solidarizados a las armaduras y se instalarán por parejas en cada punto de medida, uno en cada cara de la armadura principal, y en las secciones de máximo esfuerzos previstos en proyecto según las distintas fases constructivas. El cableado de los extensómetros se conducirá por tubos de PVC corrugados, hasta la caja de conexión.

En total se colocarán 12 extensómetros de cuerda vibrante incluidos en el interior de las dovelas salvo en la de cierre y colocados durante la fase de fabricación de las mismas, para control y medida de las tensiones de trabajo, 6 de ellos en la armadura longitudinal (para medida de tensiones inducidas por el empuje del terreno) y otros 6 en la armadura transversal (para medida de tensiones inducidas por el escudo en su avance).

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### **Diseño de emboquilles**

En cada uno de los tramos de túnel, a lo largo de, aproximadamente, los primeros 15 m de excavación desde el emboquille, la tuneladora no excava aplicando presión en el frente. Una vez excavada esta longitud inicial, correspondiente a la suma de la longitud del escudo y de dos anillos de dovelas, el sellado del gap perimetral entre excavación y revestimiento permite la aplicación de presión en el frente, sin que se produzca la pérdida. A través de este hueco, del material excavado y la entrada, en la estación o tramo de trinchera correspondiente, de agua de infiltración como consecuencia de la excavación bajo el nivel freático.

De la misma forma, también son excavados sin aplicar presión en el frente los últimos metros previos al cale correspondiente a cada una de las estaciones. De esta forma no se incrementan los empujes sobre las pantallas de los testers.

Con el fin de asegurar la estabilidad del frente a lo largo de los primeros metros junto a los emboquilles, evitar asientos importantes en el trasdós de las pantallas de testers y reducir la afluencia de agua a través del gap entre terreno y revestimiento, se ha previsto la ejecución de recintos impermeables (corralitos) y tratamientos en los emboquilles.

### **Estructuras de reacción y diseño del arrastre en estaciones**

El cruce de las tuneladoras a través de las estaciones se realizará mediante el arrastre de la tuneladora correspondiente y el nuevo emboquille de la misma, para lo cual será necesario que se haya ejecutado previamente la estructura de contención y el vaciado de las estaciones, así como la losa de fondo, cuya geometría permitirá el paso de la tuneladora sin necesidad de elevar la misma o de disponer estructuras laterales de soporte.

En cada uno de los tramos de túnel, a lo largo de, aproximadamente, los primeros 15 m de excavación desde el emboquille, la tuneladora excava sin aplicar presión en el frente. Una vez excavada esta longitud inicial, correspondiente a la suma de la longitud del escudo y de 2 anillos de dovelas, el sellado del gap perimetral entre la excavación y revestimiento permite la aplicación de presión en el frente, sin que se produzca la pérdida, a través de este hueco, del material excavado y la entrada en la estación o

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

tramo de trinchera correspondiente, de agua de infiltración, como consecuencia de la excavación bajo el nivel freático.

La secuencia de trabajos del lanzamiento de la tuneladora incluye las siguientes fases:

- **Fase 1**

La TBM se apoyará en una estructura colocada en la contrabóveda de la estación o losa inferior de la trinchera, de tal manera que consiga alcanzar el empuje necesario para perforar el muro pantalla sin la ayuda de los gatos.

- **Fase 2**

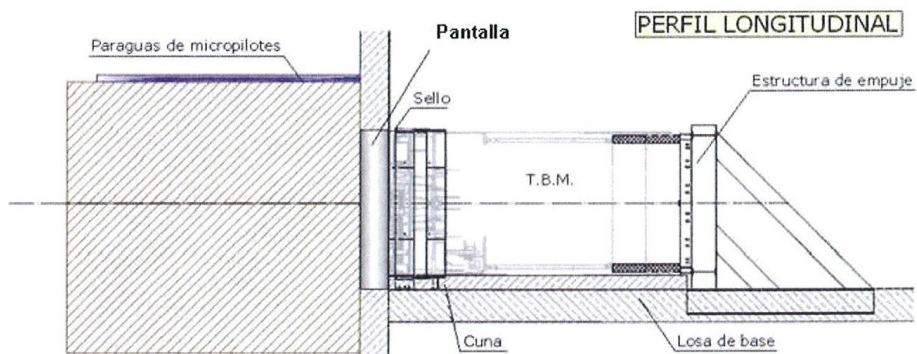
Una vez que la tuneladora se introduce en el terreno, puede ir haciendo uso de los gatos hidráulicos para avanzar en su perforación. Sigue siendo ayudado por la estructura de empuje hasta alcanzar la estabilidad y direccionalidad por sí misma.

- **Fase 3**

La tuneladora prosigue su avance, colocando al mismo tiempo los anillos de dovelas y alcanzando su funcionamiento subterráneo habitual, empujando sobre las dovelas del propio túnel ya realizadas.

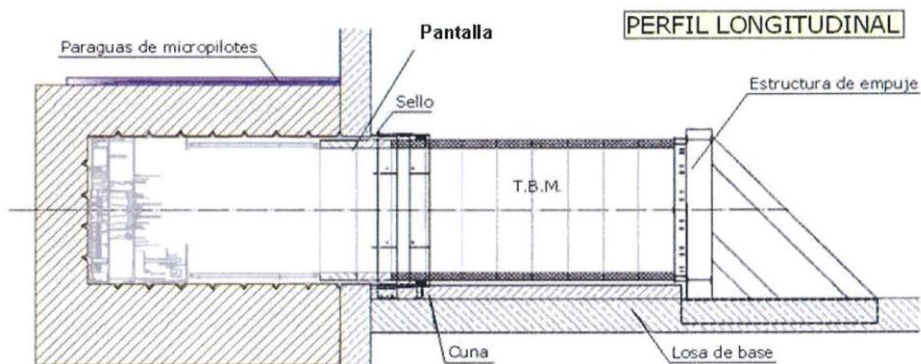
## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 25** Lanzamiento de la tuneladora. Fase 1



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

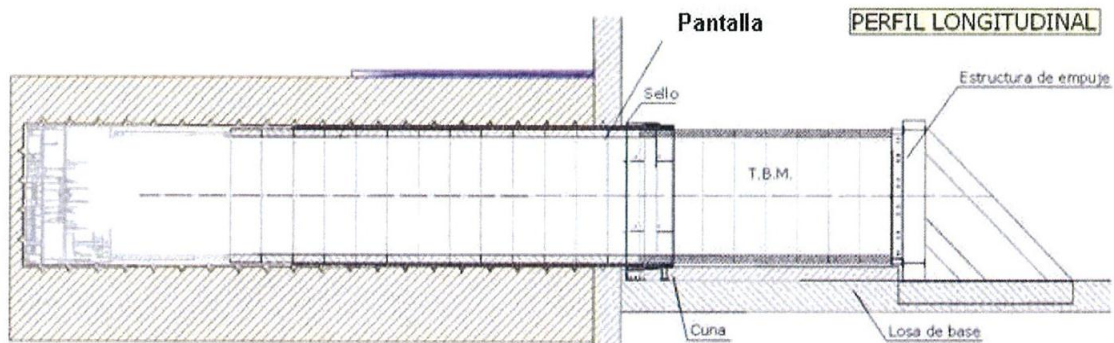
**Figura 26** Lanzamiento de la tuneladora. Fase 2



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 27** Lanzamiento de la tuneladora. Fase 3



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 4.1.6 ALIMENTACIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO

Para la alimentación y suministro eléctrico el proyecto incluye:

- Subestaciones de rectificación (SR); mediante rectificación MT/1500 Vcc, alimentarán la catenaria. A partir de la cual el material rodante capta la energía eléctrica.

Existirán un total de 6 - 7 SR's.

- Subestaciones de Alumbrado y Fuerza (SAF); se usará para la alimentación eléctrica de los servicios propios de cada estación, mediante transformación MT/BT. Un total de 19 SAF's (18 Estaciones + Talleres y Cocheras).
- Subestaciones de Alumbrado y Fuerza para ventilación mayor (SAFVM); su objetivo será la alimentación eléctrica de los servicios propios de cada pozo de ventilación asociados al túnel, mediante transformación MT/BT, se prevén 3 - 4 SAFVM's

Los criterios básicos de diseño para estos componentes son:

- La futura línea dispondrá de anillos propios internos a 23 kV para la alimentación eléctrica de sus consumidores: 6 - 7 SR's, 18 SAF's y 3 - 4 SAFVM's.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- Los anillos se generarán en dos SEAT's (subestaciones eléctricas de alta tensión), por transformación 230/23 kV, 1x30 MVA, ubicadas en los extremos de la línea.
- La Comisión Federal de Electricidad (CFE) confirmó la disponibilidad de potencia para dicha solución: alimentación desde SE SAN MARTÍN (Zona Sur) y SE TUZANIA (Zona Norte)
- Independencia mayor de CFE: dos únicas acometidas, en lugar de múltiples acometidas.
- Contratación del suministro a 230 kVca, para disminuir costos de operación.
- Mayor escalabilidad frente a futuras ampliaciones.
- Mayor fiabilidad en el suministro eléctrico.
- Diseño con la premisa de sistema tolerante al primer fallo, sin repercusión en las prestaciones del sistema.

### 4.1.7 SISTEMAS FERROVIARIOS

Los componentes correspondientes a los sistemas ferroviarios son los siguientes:

- Red de Datos Multiservicios
- Sistemas basados en tecnología digital
- Aseguramiento (securization) de sistemas
- Integración Tarifaria
- Atención al cliente centralizada
- Mando Centralizado
- Trunking digital basado en (TETRA)
- Pantallas multimedia en estaciones

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 4.2 ALINEACIÓN ESTRATÉGICA

El presente apartado muestra la alineación estratégica que tiene el proyecto dentro de los planes de desarrollo nacional, estatal y municipal.

En el **Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018**, en su Capítulo VI. Objetivos, estrategias y líneas de acción, en el apartado VI.4. México Próspero, presenta los siguientes objetivos con sus estrategias y líneas de acción.

Objetivo 4.9. Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica.

Estrategia 4.9.1 Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia.

Líneas de acción.

- Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros.

Transporte urbano masivo

- Mejorar la movilidad de las ciudades mediante sistemas de transporte urbano masivo, congruentes con el desarrollo urbano sustentable, aprovechando las tecnologías para optimizar el desplazamiento de las personas.
- Fomentar el uso del transporte público masivo mediante medidas complementarias de transporte peatonal, de utilización de bicicletas y racionalización del uso del automóvil.<sup>25</sup>

Dentro del **Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030** en el eje 3 de Empleo y crecimiento se contemplan el objetivo P1O4: Ampliar y mejorar la red de infraestructura productiva y el desarrollo urbano sustentable, el cual incluye las siguientes estrategias<sup>26</sup>:

---

<sup>25</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- P104E3) El fortalecimiento y equipamiento urbano - regional estratégico, la consolidación y ordenamiento del sistema de conurbaciones y regiones metropolitanas, con especial énfasis en el mejoramiento de la imagen, la reconversión o creación de espacios verdes, el rescate de áreas públicas, puentes y vías que privilegien la movilidad de ciudadanos en sistemas motorizados y no motorizados (parques lineales, ciclovías, etc.).
- P104E5) La construcción, rehabilitación, mantenimiento y desarrollo de infraestructura aeroportuaria, vías férreas y marítimas e infraestructura base en apoyo a puertos secos o centros logísticos.

Como parte del **Plan Municipal de Guadalajara 2010 - 2012** este contempla dentro de sus tres grandes ámbitos de políticas públicas un eje llamado *Nueva red de transporte integrada y sustentable y mejora de la estructuración vial*, su objetivo específico es “Mejorar la estructuración vial, introduciendo criterios de usos más eficientes...” contempla algunas estrategias como lo son<sup>27</sup>:

- Acciones para la integración a la red de transporte y establecimiento de políticas que transfieran costos al uso irracional del auto.
- Articulación de centrales de transferencia y transbordo con enfoque de usos múltiples y con énfasis en la regeneración de espacios degradados.
- Estructuración de un conjunto de mecanismos institucionales para acelerar el cambio y la modernización del sistema convencional de transporte público.
- Utilización de medios y sistemas de alta eficiencia energética y ambiental integrados a la Red Multimodal, Integrada y Eficiente de transporte colectivo.
- Focalización de las intervenciones públicas para alinear inversiones público privadas y mejorar el uso de la estructura vial y de los equipamientos para el transporte colectivo.

---

<sup>26</sup> Plan Estatal de Desarrollo de Jalisco 2010 - 2012.

<sup>27</sup> Plan Municipal de Guadalajara 2010 - 2012.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

El **Plan Municipal de Tlaquepaque 2010 - 2012** contempla en su eje 2 de Desarrollo Sustentable y Servicios dentro de sus estrategias<sup>28</sup>:

- Conjuntar las acciones necesarias para el mejoramiento y mantenimiento de las vías de comunicación

También, en el ámbito municipal, el **Plan Municipal de Zapopan 2010 - 2012** contempla dentro de sus ejes de acción un apartado llamado Mejorar la calidad de vida de los habitantes de Zapopan, dentro de sus estrategias se encuentran las *Acciones y programas relevantes*<sup>29</sup>

En materia de movilidad:

- Acondicionamiento del mobiliario urbano existente.
- Difusión y señalización de mapas de rutas de camiones en el municipio.
- Mejoramiento de las paradas de transporte público.
- Servicio de transporte público prioritario a zonas marginadas, de alta demanda y de déficit de acceso.

Debe mencionarse, que en el caso de todos estos documentos de planeación, en sus diferentes ámbitos de gobierno, y debido a que su aplicación se limita hasta el final del periodo administrativo (año 2012), se revisaron los compromisos establecidos por cada una de las nuevas administraciones para los horizontes 2013 - 2018, con el objetivo de verificar que el proyecto tiene concordancia con los conceptos que constituirán la planeación en esos mismos años.

### **4.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

El proyecto se encuentra en el estado de Jalisco en los municipios de Tlaquepaque, Guadalajara y Zapopan.

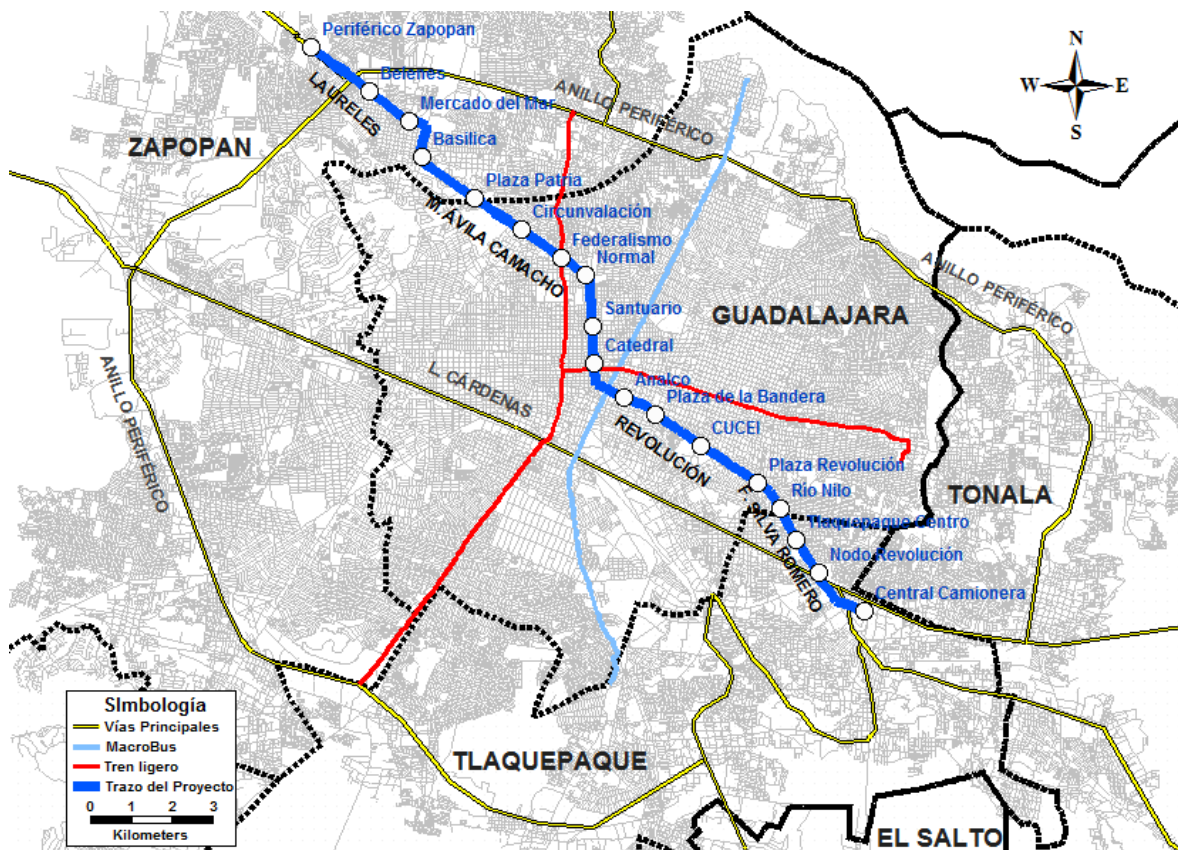
---

<sup>28</sup> Plan Municipal de Tlaquepaque 2010 - 2012.

<sup>29</sup> Plan Municipal de Zapopan 2010 - 2012.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 28** Localización del proyecto en la Zona Metropolitana de Guadalajara



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El tren eléctrico consta de 16 estaciones y 2 terminales, corre desde la Av. De las Torres y av. De Los Altos en Tlaquepaque pasando por la calle Francisco Silva Romero, Av. Revolución, Av. Fray Antonio Alcalde, Av. Ávila Camacho en Guadalajara hasta la Av. Los Laureles y Av. Tesisán en Zapopan.

### **4.4 CALENDARIO DE ACTIVIDADES**

Las actividades requeridas para la elaborar el proyecto se enuncian en la siguiente tabla.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 45** Calendario de Actividades

Concepto	2013				2014				2015				2016			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Liberación de derechos de vía</b>																
Compras de terreno y construcción																
<b>Proyecto Ejecutivo</b>																
Proyecto Ejecutivo																
<b>Obra civil</b>																
Viaducto elevado																
Túnel																
Transiciones/trincheras																
Tramo en superficie																
Estaciones elevadas																
-Acabados																
-Estructura																
-Instalaciones																
Estaciones subterráneas																
-Acabados																
-Estructura																
-Instalaciones																
Talleres y cocheras																
-Acabados																
-Estructura																
-Instalaciones																
<b>Instalaciones electromecánicas</b>																
Electrificación																
-Alta y media tensión																
-Catenaria y tracción																
-Baja tensión A y F																
Señalización																
-Control automático del tren, ATS, ATO, ATP, TTR, TEN, CTR, TES																
Comunicaciones																
-RAD, TEL, INT, SON, INU, RED, FIS, CRO, EME, BIT																
Boletaje																
-PJE, ACC, VID																
<b>Material rodante</b>																
Tren eléctrico																
<b>Obras complementarias</b>																
CETRAM Normal																
Túneles carreteros Plaza Basílica																
<b>Servicios afectados</b>																
Servicios afectados																

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El periodo de inversión del proyecto se divide en 3 años y tres meses, distribuidos entre los años 2013 y 2016.

### 4.5 MONTO TOTAL DE INVERSIÓN

En caso de que se desarrolle el proyecto, el total de la inversión requerida será de 15,252,389,273 pesos corrientes, más 2,440,382,284 de pesos por concepto del Impuesto al Valor Agregado (IVA). El monto total incluyendo IVA es de 17,692,771,557 de pesos del 2013.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### 4.6 FINANCIAMIENTO

Las fuentes de financiamiento del proyecto corresponden a fondos federales, estatales, y del sector privado por un total 17,692,771,557 pesos de 2013 (con IVA).

### 4.7 CAPACIDAD INSTALADA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN

La capacidad del proyecto se define con base en la carga máxima por sentido, en hora de máxima demanda, en el tramo más cargado del corredor. Para este proyecto, el intervalo mínimo de servicios para la tecnología considerada es de 2 minutos, por lo tanto es capaz de atender hasta 18,000 pasajeros por sentido.

### 4.8 METAS ANUALES Y TOTALES A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN

El número estimado de pasajeros a transportar en hora de máxima demanda (HMD) determina las metas anuales del proyecto. En el siguiente cuadro se observan las cantidades estimadas de abordajes a transportar en el horizonte de evaluación.

**Tabla 46** Metas anuales (abordajes en HDM)

Año	Abordajes HMD	Año	Abordajes HMD	Año	Abordajes HMD
2017	16,770	2026	20,403	2035	23,198
2018	17,139	2027	20,852	2036	23,509
2019	17,517	2028	21,132	2037	23,824
2020	17,903	2029	21,415	2038	24,109
2021	18,297	2030	21,702	2039	24,397
2022	18,700	2031	21,994	2040	24,688
2023	19,112	2032	22,289	2041	24,983
2024	19,533	2033	22,587	2042	25,282
2025	19,963	2034	22,890		

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 4.9 VIDA ÚTIL

El horizonte de evaluación es de 30 años con 3.3 años de inversión y la vida útil del proyecto es de 26.7 años.

### 4.10 DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES

#### 4.10.1 ESTUDIOS TÉCNICOS, LEGALES AMBIENTALES Y DE MERCADO

##### *i. Marco Legal*

El Tren Ligero es un servicio de transporte ferroviario, cuya regulación y autoridad competente es el Gobierno del Estado de Jalisco, por tratarse de servicios prestados sobre vías no consideradas como vías generales de comunicación conforme a lo previsto en la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, a partir de lo cual resulta improductivo el análisis y revisión de la normatividad federal aplicable al servicio ferroviario.

La Constitución Política del Estado de Jalisco enlista los servicios públicos de competencia Municipal, entre los cuales no se enumera al servicio público de transporte, lo que resulta entonces de competencia del Gobierno Estatal.

La normatividad Estatal regula los servicios de transporte público cual sea su modalidad a través de la Ley de los Servicios de Vialidad, Tránsito y Transporte y su Reglamento. En esta se realizan clasificaciones del servicio de transporte, señalando que el colectivo de pasajeros se prestará con autobuses cerrados, trolebuses, tren eléctrico o vehículos similares, es decir, el servicio de transporte masivo que se presta con el tren ligero y el que se presta con autobuses de mayor capacidad se clasifica en esta Ley como transporte colectivo. Sin embargo dentro de la norma se hace referencia al transporte masivo ecológico, que sin definirlo, se otorgan disposiciones expresas relativas a la posibilidad de contar con una vigencia mayor a la establecida como ordinaria para el transporte colectivo que es de 5 años, previa aprobación del Congreso del Estado. De igual manera se considera la excepción para el transporte masivo ecológico de que las concesiones para su operación amparen más de un vehículo a diferencia del servicio público de transporte colectivo.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

La Ley prevé también la facultad de la Secretaría de reordenar los itinerarios de las rutas, y que están no son exclusivas del concesionario, sin embargo si se puede tomar en cuenta su antigüedad en la prestación del servicio.

Respecto de la operación y control del servicio la Ley y su Reglamento prevén para facultad del Gobernador del Estado de expedir normas técnicas que regulen las condiciones conforme a las cuales se pretenda prestar o se preste un servicio de transporte público, que son en realidad las que regulan los servicios de transporte masivo - Tren Ligero y del Sistema Macrobús – pues la Ley y su reglamento no regulan la operación, administración, organización y control del mismo.

La Constitución Política del Estado otorga al Gobernador del Estado la facultad para decretar la expropiación de predios por causa de utilidad pública, lo que podría ser una de las opciones para obtener los predios que se verán afectados por la nueva Línea de Tren Ligero; además se establece la necesidad de participar a los Municipios en la autorización de la construcción de obras de infraestructura necesarias para el servicio de transporte.

El diseño de la nueva Línea de Tren Ligero así como de las rutas alimentadoras del sistema se traza sobre los territorios de los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque que forman parte de la Zona Conurbada de Guadalajara, los cuales conforme lo señala el Código Urbano tendrían que conformar la Junta de Coordinación Metropolitana, órgano intermunicipal de coordinación política que tiene como objeto ser la instancia para la toma de acuerdos en los asuntos metropolitanos que requieren aprobación de los ayuntamientos respectivos que conforman la zona metropolitana, como lo es la infraestructura y equipamiento que se requiere para el funcionamiento del sistema.

Debe mencionarse, que, según la Ley Orgánica del Gobierno del Estado de Jalisco, la Secretaría de Movilidad es la responsable de llevar a cabo las actividades relacionadas con la reestructuración de rutas de transporte y las relaciones con los concesionarios, por lo tanto las negociaciones están a cargo de dicha dependencia.

Sin embargo, una vez registrado y aprobado el proyecto, la SCT solicitará a la Secretaría de Movilidad del Estado de Jalisco, coordinar las respectivas mesas de trabajo para iniciar la negociación con los concesionarios de las rutas existentes.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### *ii. Marco Ambiental*

A partir de los impactos ambientales detectados, se establece un Plan de Manejo Ambiental que contiene medidas técnicas y administrativas para prevenir, mitigar, compensar y /o reducir los efectos ambientales negativos y acentuar los positivos.

#### **I. Medio físico**

A continuación se presentan las medidas determinadas para reducir los impactos ambientales sobre el medio físico, cabe señalarse que se presentan por etapa de desarrollo del proyecto

#### **Etapas de preparación de sitio y construcción**

##### **a) Calidad del aire**

Se observan impactos directos sobre la calidad del aire, derivados de la operación de maquinaria pesada y por la circulación de vehículos de transporte.

Estos impactos se refieren a la emisión a la atmósfera de gases de combustión provenientes de los motores de los vehículos y maquinaria utilizados en las labores de construcción y a la dispersión de partículas derivadas del paso de los mismos vehículos sobre terrenos sin pavimento, así como por el arrastre de partículas de los camiones de transporte.

Asimismo se observan impactos indirectos asociados a la emisión de gases de combustión de los vehículos particulares y públicos que transitan sobre las avenidas donde se llevarán a cabo las obras y otras calles aledañas:

Para reducir el efecto sobre la calidad del aire de estos impactos se proponen las siguientes medidas.

Impactos directos:

- Los transportes de materiales contarán con certificado de verificación de emisiones vehiculares vigente para ser contratados y utilizados.
- La maquinaria y equipo serán sujetos de programas de mantenimiento con objeto de que las emisiones resulten ser las más bajas de acuerdo con las características de su actividad.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- Se apagarán los motores de equipos y transportes cuando no estén en uso.
- Los camiones de transporte de materiales usarán lonas para evitar la emisión de partículas durante el trayecto a sus destinos.
- Las áreas de trabajo se mantendrán húmedas mediante riego con agua tratada.
- Se tendrán cuadrillas de limpieza para retirar tierra y otros materiales de las áreas de circulación, con lo que se reducirá la emisión de partículas por la circulación de vehículos propios y de circulación normal en la zona.
- Se instalará un campamento donde se almacenarán los materiales de construcción, los residuos y sobrantes de la construcción y cualquier otro tipo de residuos.
- Se utilizarán lonas para evitar la dispersión por arrastre eólico de aquellos materiales que almacenados a granel al aire libre, no se deban humedecer.

### Indirectos:

- Se instalarán señalamientos para peatones y tránsito que indiquen la ejecución de las obras.
- Se realizarán los cortes y desviaciones de circulación apropiadas para permitir la fluidez del tránsito actual
- Se mantendrán señaladas con cintas de barricada las áreas de obra y excavación.
- Las grúas, revolvedoras y todo tipo de vehículo de transporte de materiales y acarreo de carga que se utilicen, se programarán de modo que no tengan que esperar turno estacionados en las inmediaciones de la zona de obra en espera de ser utilizados.
- Se instalarán croquis e instrucciones para utilizar rutas alternas en tanto se concluyen las obras.
- Se comisionará personal que abandere las entradas y salidas a las áreas de trabajo con el fin de reducir los congestionamientos viales y dar seguridad al paso de transeúntes y vehículos circulantes.

### b) Ruido

Se observan impactos directos por emisión de ruido derivados de las actividades propias de la construcción, por la operación de maquinaria pesada, por la circulación de vehículos de transporte de materiales, así como por el uso de herramientas de construcción.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Del mismo modo se tendrán emisiones sonoras provenientes del mayor número de vehículos y su mayor tiempo de espera para pasar por la zona.

Para reducir el efecto de estos impactos sobre los niveles de ruido en la zona, se proponen las siguientes medidas:

### Impactos directos

- Durante la noche se suspenderá la operación de maquinaria y equipo de motor o eléctricos.
- Se suspenderán en horarios nocturnos las operaciones que generen ruido o vibraciones.
- Se instalarán vallas de madera o tablaroca en las áreas donde se genere más ruido con el fin de amortiguar su efecto.

### c) Calidad del suelo

El suelo se verá afectado en sus diferentes descriptores como lo son la topografía, el perfil, la composición y el grado de compactación.

La mayor parte de estos efectos son insalvables pues es precisamente el suelo el que sustenta la posibilidad de realizar este tipo de obras.

Se identifican impactos directos derivados de la cimentación de todo el proyecto, de la modificación de la estructura del suelo por la cubierta de concretos y otros aditivos, por la compactación necesaria para soportar la obra, por la remoción de sustrato, por la perforación del túnel bajo la avenida Alcalde y por la nivelación de las avenidas.

Asimismo se identifican impactos indirectos por la disposición de los materiales derivados de la excavación del túnel, la perforación de los pilotes de cimentación, así como de la nivelación de las avenidas.

También se generarán residuos de la construcción como pavimentos, concretos de las guarniciones, cascajo y diversos materiales de las demoliciones que se realicen para dar lugar a la construcción de las estaciones.

Hay la posibilidad de contaminación del suelo por derrames de aceite y otros hidrocarburos generados en la operación normal y en labores de mantenimiento de maquinaria, equipo y transportes.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Para reducir el efecto de estos impactos sobre la calidad del suelo en el área del proyecto, se proponen las siguientes medidas:

### Impactos directos:

- No se rebasarán los límites de obra que se autoricen para realizar perforaciones, excavaciones, tunelado y nivelaciones.
- Los campamentos para resguardo de maquinaria, equipo y materiales de uso diario se ubicarán en áreas preparadas para evitar contaminación.
- Las nivelaciones y compactaciones que se realicen, seguirán el trazo que se autorice y se efectuarán cuidando la seguridad estructural de los edificios y otras construcciones cercanas al trazo de la obra.

### Impactos indirectos:

Todos los efectos indirectos pueden ser reducidos, controlados y hasta evitados, como lo es el caso de la contaminación, a través del cumplimiento de la normatividad derivada de la Ley General para la Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento. A continuación se detallan los aspectos a cubrir.

- Todo el material de demolición del pavimento asfáltico se enviará a reciclaje a una planta de asfaltos.
- Todo el material de manejo especial, como lo es el generado por la excavación y las perforaciones de cimentación, se enviará a disposición en sitios de tiro autorizados en el estado de Jalisco, particularmente en los municipios cercanos a las obras como lo son Tlaquepaque, Zapopan, Tonalá o Tlajomulco de Zúñiga.
- Todo el material orgánico derivado del derribo de los árboles se enviará a plantas de preparación de composta.
- Se instalarán tambores de 200 litros etiquetados para la separación de los residuos sólidos urbanos y los de manejo especial, generados por los trabajadores durante la etapa de construcción.
- Se instalarán artesas para la separación de los residuos de construcción generados durante la etapa de construcción.
- El mantenimiento de maquinaria, equipo y transportes se realizará en talleres establecidos en sitios distintos al proyecto.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- En caso de requerirse llevar a cabo una acción de mantenimiento urgente, se colocará protección al suelo, como puede ser una membrana de polietileno de alta densidad o artesas con arena, para captar cualquier posible derrame de hidrocarburos.
- El abastecimiento de diesel para la maquinaria se realizará con equipo adecuado para evitar derrames.

### **d) Hidrología y calidad del agua**

La hidrología superficial ya se encuentra totalmente modificada por la urbanización en toda la zona del proyecto, donde incluso se observa un río entubado.

Sin embargo las obras de construcción y la construcción en sí no deben interferir con el escurrimiento superficial, asimismo, en lo que respecta al tramo subterráneo del Tren Ligero, no debe ser factor de bloqueo de alguna corriente subálvea, ni debe provocar el efecto de filtración, por la diferencia de presiones que se presentará entre el subsuelo y el túnel.

De manera indirecta, existe la posibilidad de que por arrastre pluvial o por alguna negligencia, un derrame de hidrocarburos llegase al suelo y subsuelo y por consecuencia contamine los mantos freáticos.

De igual manera un manejo inadecuado de las aguas sanitarias generadas por los trabajadores, puede ser causa de contaminación de suelo, subsuelo y mantos freáticos.

Dado lo anterior se proponen las siguientes medidas para reducir el efecto de los impactos ambientales detectados.

#### **Impactos directos:**

- Respetar en lo posible las pendientes naturales del terreno con objeto de evitar inundaciones en otras áreas.
- Aplicar recubrimientos adecuados en los túneles con objeto de evitar filtración de agua por efecto de la diferencia de presión entre subsuelo y túneles.

#### **Impactos indirectos:**

- El mantenimiento de maquinaria, equipo y transportes se realizará en talleres establecidos en sitios distintos al proyecto.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- En caso de requerirse llevar a cabo una acción de mantenimiento urgente, se colocará protección al suelo, como puede ser una membrana de polietileno de alta densidad o artesas con arena, para captar cualquier posible derrame de hidrocarburos.
- El abastecimiento de diesel para la maquinaria se realizará con equipo adecuado para evitar derrames.
- Se instalarán sanitarios portátiles en los campamentos y a lo largo del trazo del tren para uso de los trabajadores, a razón de 1 por cada 25 o fracción. En caso de que haya personal femenino el número de sanitarios adicional tendrá la misma proporción.

### **Etapas de operación y mantenimiento**

#### **a) Calidad del aire**

En la etapa de operación se esperan los impactos positivos de este proyecto, pues al sustituir con su operación una cantidad significativa de vehículos con motores de combustión interna y retirar de las principales avenidas un número de vehículos de transporte urbano, se espera una disminución muy importante del volumen de emisiones y por tanto una mejora sustancial de la calidad del aire.

Será importante mantener el monitoreo atmosférico de contaminantes para establecer el efecto real que tendrá sobre la reducción en la emisión de contaminantes la ejecución del proyecto de Tren Ligero.

#### **b) Ruido**

Los convoyes tendrán ruedas de acero, lo cual presupone la generación de ruido en niveles considerables, sin embargo la construcción del viaducto elevado y el encajonamiento que tendrá la vía en los tramos de circulación a nivel de piso serán elementos que reduzcan de manera significativa el nivel de ruido que recibirán los habitantes de los predios colindantes con el Tren Ligero y los usuarios de las avenidas por las que circulará.

Otro factor a considerar es la frecuencia de paso de los convoyes, pues al tener un espaciamiento de algunos minutos entre el paso de uno y otro convoy, el promedio de ruido se reduce a niveles tolerables.

En las operaciones de mantenimiento no se detecta la generación de niveles de ruido que puedan rebasar la normatividad ambiental fuera de las instalaciones donde se realicen estas actividades.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### c) Calidad del Suelo

En la etapa de operación no se detectan interacciones directas por el paso de los trenes con la calidad del suelo. Sin embargo es recomendable mantener un monitoreo constante de la seguridad estructural de los edificios del centro histórico para verificar que la vibración que se generará no afectará dichos edificios.

En las operaciones de mantenimiento se observa la posibilidad de que por alguna negligencia, error o accidente, se pudieran derramar hidrocarburos u otra sustancia contaminante en áreas no protegidas del suelo que pudieran contaminarle.

Para evitar esta situación en los talleres se contará con procedimientos de trabajo enfocados a que las actividades se realicen en forma segura y evitar derrames, pero en caso de que sucedan se tendrá protección en los pisos que evite el contacto directo de las sustancias con el suelo natural.

### d) Hidrología y calidad del agua

En la etapa de operación no se detectan interacciones directas por el paso de los trenes con la calidad del agua ni la hidrología.

En las operaciones de mantenimiento se observa la posibilidad de que por alguna negligencia, error o accidente, se pudieran derramar hidrocarburos u otra sustancia contaminante pudiera llegar a alguna corriente de agua, sea natural o artificial.

Para evitar esta situación en los talleres se contará con procedimientos de trabajo enfocados a que las actividades se realicen en forma segura y evitar derrames, pero en caso de que sucedan se tendrán instalaciones capaces de contener los derrames para que evite el contacto directo de las sustancias con cualquier corriente de agua.

## **Etapas de preparación de sitio y construcción**

### a) Flora

No existe flora natural en el área del proyecto sin embargo se utilizarán los camellones centrales de las avenidas Juan Pablo II (antes Los Laureles), Ávila Camacho, Revolución y Las Torres, lo que implica que se afectará a un número importante de árboles que se encuentran sembrados en dichos camellones.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

La afectación no significa que necesariamente se habrá de talar el total de árboles presentes en el área de obra de dichas avenidas.

Se llevará a cabo una evaluación de cada uno de los árboles y se determinará si es posible trasplantarlos o si con una poda pueden permanecer en su sitio.

En todo caso se les aplicará una evaluación que contendrá los siguientes aspectos:

- Especie (Nombre Común y nombre científico).
- Altura.
- Diámetro de tronco a la altura del pecho (en m).
- Estructura.
- Estado.
- Vida útil (años).
- Presencia y cercanía con otros árboles.
- Si es considerado monumento urbano o tiene una valoración social.

A partir de las calificaciones que se obtengan se determinará si es derribado, podado o reubicado.

La medida de compensación que se aplicará por el derribo de los árboles será la siembra de nuevos árboles de especies seleccionadas, adecuadas al paisaje urbano y que no representen riesgo para pavimentos, guarniciones y usuarios de las avenidas y sitios donde se decida plantarlos.

Asimismo se evitará el derribo de árboles que presenten un desarrollo menor a 2 metros de altura o 10 centímetros de diámetro en su tronco al nivel de pecho, estos árboles deberán ser trasplantados.

La calificación también servirá para determinar el número de árboles que se utilizarán para restituir cada árbol que se derribe.

Un punto importante será la definición de los sitios donde se habrán de colocar los árboles trasplantados y los que repondrán a los derribados, será necesario seleccionar en total acuerdo con las autoridades

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

municipales y los vecinos, los sitios que habrán de ser objeto de la forestación, para crear el compromiso compartido de su cuidado.

En resumen, la principal medida de mitigación consistirá en la reposición de los árboles que se derriben y su posterior cuidado y mantenimiento, así como evitar derribar árboles que puedan ser trasplantados.

Adicional a esta se establecerán áreas verdes que permitan la convivencia familiar y social en sitios estratégicos a lo largo del trazo del proyecto.

### **b) Fauna**

Dado que no existe flora natural en el área del proyecto, tampoco se observa fauna silvestre, sin embargo, la abundancia de comida, las condiciones climáticas y la facilidad para encontrar sitios de resguardo, anidación y descanso, en una ciudad, permite que una gran cantidad de aves se acostumbren a la cercanía de los humanos y sus actividades.

Se tendrán impactos severos sobre las aves que anidan y se resguardan en los árboles que serán afectados, otras aves que utilizan las áreas para descanso o como simple cruce, también se verán perturbadas por la intensa actividad que se desarrollará por las obras.

Adicionalmente la siembra y trasplante de árboles y la creación de nuevas áreas verdes, permitirá que en poco tiempo se recupere la fauna que sea afectada por las obras de preparación de sitio y construcción.

### **c) Paisaje**

Durante las etapas de preparación de sitio y construcción, el paisaje urbano tendrá afectaciones por la presencia de maquinaria, equipo, transportes, personal en labores variadas, y por el derribo, poda y trasplante de árboles.

Estos impactos son inevitables pues precisamente en la modificación de los factores del medio estriba la posibilidad de realizar un proyecto.

Estos impactos aunque son severos son puntuales y no son permanentes, pues al término de las obras se retiran maquinarias, transportes, personal y se buscará que los proyectos de imagen urbana, incluidas las áreas verdes a crear y los sitios de reforestación, cumplan con el propósito de compensar los efectos negativos de la preparación de sitio y construcción.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

En lo que respecta a otras medidas para reducir el efecto visual de las obras se considera la utilización de tapias y mantas en las zonas de obra, que además de atenuar el impacto visual, aminoran el ruido y retienen un porcentaje de partículas que se generan en las actividades propias de estas etapas.

### **Etapas de operación y mantenimiento**

#### **a) Flora**

En las etapas de operación y mantenimiento no se detectan interacciones entre el Tren Ligero y la flora, sin embargo habrá que establecer un programa de seguimiento de los árboles trasplantados y de las áreas verdes que formen parte del proyecto de Tren Ligero.

#### **b) Fauna**

De la misma forma, no se observan interacciones de las etapas de operación y mantenimiento con la fauna urbana de los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, sin embargo se establecerá un programa de concientización para evitar que los trabajadores de todas las etapas y ramas, eviten molestar, maltratar, cazar o aprovechar la fauna cercana al proyecto.

#### **c) Paisaje**

El paisaje se verá modificado de manera permanente, en particular con el viaducto elevado y el retiro de una cantidad importante de árboles.

Las medidas de mitigación consisten en desarrollar los proyectos con un diseño armonioso con el medio, que además de funcional e incluyente, otorgue a la ciudad el aspecto de una gran Metrópoli.

En la parte del Centro Histórico, donde el Tren Ligero circulará de manera subterránea, se diseñarán las estaciones de modo que se integren al paisaje urbano característico de esta zona de la ciudad.

En lo que se refiere a la pérdida de árboles, es de señalarse que el proyecto contempla la creación de áreas verdes y de convivencia familiar y social, y que derivado de la evaluación que se realice de los árboles a retirar, se realizará un programa de forestación en los sitios que se acuerden con los municipios y la participación de la sociedad.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### **II. Medio socioeconómico**

#### **Etapas de preparación de sitio y construcción**

En las etapas de preparación de sitio y construcción el medio socioeconómico resentirá varias afectaciones como lo son:

- Reducción de carriles de circulación en avenidas principales.
- Incremento en tiempos de traslado.
- Cortes o fallas en el abasto de agua, electricidad y otros servicios.

Para reducir el efecto de estos impactos se prevén varias medidas de mitigación como lo son:

- Instalación de señalamientos para peatones y tránsito que indiquen la ejecución de las obras.
- Realización de cortes y desviaciones de circulación apropiadas para permitir la fluidez del tránsito actual
- Señalización con cintas de barricada de las áreas de obra y excavación.
- Las grúas, revolvedoras y todo tipo de vehículo de transporte de materiales y acarreo de carga que se utilicen, se programarán de modo que no tengan que esperar turno estacionados en las inmediaciones de la zona de obra en espera de ser utilizados.
- Instalación de croquis e instrucciones para utilizar rutas alternas en tanto se concluyen las obras.
- Comisión de personal que abandere las entradas y salidas a las áreas de trabajo con el fin de reducir los congestionamientos viales y los riesgos para peatones y vehículos circulantes.

#### **Etapas de operación y mantenimiento**

En estas etapas se detectan impactos negativos y positivos por la ejecución del proyecto, entre los negativos se tienen los siguientes:

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Pérdida de empleo o reducción de ingresos de los conductores de transportes urbanos de pasajeros que cubren las rutas que serán suprimidas o modificadas como parte del proyecto de Tren Ligero.

Modificación en el corto plazo de los usos de suelo a lo largo del trazo, particularmente en sitios cercanos a las terminales, pues será más atractivo establecer usos comerciales y de servicios que los usos habitacionales.

Como medidas de mitigación de estos efectos se tienen las siguientes:

Integración en el proyecto del mayor número de conductores posible, a través de adiestramiento y capacitación, no necesariamente como conductores, sino en otras áreas como mantenimiento o servicios al público.

Regulación de los usos de suelo a través del fomento de la construcción de viviendas y el condicionamiento de los cambios de uso de suelo al cumplimiento de normas estrictas de operación y seguridad.

El principal impacto positivo que tendrá el proyecto sobre el medio socioeconómico será la reducción de tiempos de traslado dentro de la ciudad.

Adicionalmente con la integración de las rutas de transporte, se ofrecerá al público usuario un transporte de calidad.

### *iii. Derecho de Vía*

Las afectaciones del proyecto son limitadas a lo largo del trazo propuesto como el proyecto se inserta en el trazo de la vialidad urbana. Las afectaciones corresponden principalmente a los patios y talleres. Para algunas estaciones se contempla la adquisición de unos bienes para permitir los accesos. El monto total estimado de las adquisiciones es de 442,411,500 pesos corrientes.

Para la materialización del proyecto, la figura de la compraventa sería la opción más recomendable; considerando para ello se garantiza:

- I. Que el pago se pacte de manera previa por las partes de común acuerdo, en base al avalúo comercial realizado.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

- II. La fluidez en el proceso de traslación de dominio y de escrituración a favor del órgano de gobierno.
- III. Se evitaría la Litis entre las partes, lo cual traería consigo la pronta ejecución de la obra y cumplimiento de los Proyectos y Planes de Gobierno del Estado.
- IV. La certeza jurídica para ambas partes.
- V. La certeza en la forma y plazo de pago ya que esto se puede pactar en el cuerpo del mismo contrato.
- VI. Rapidez en el proceso de adquisición, eliminando la mayoría de los tramites burocrático, aplicados en el caso de la expropiación.
- VII. Garantizar el saneamiento a favor del órgano de gobierno para el caso de evicción.

### **4.11 ANÁLISIS DE LA OFERTA**

La oferta de transporte público está conformada por la red vial y la flota de transporte público. A continuación se describe cada uno de estos elementos.

#### ***4.11.1 RED VIAL***

El proyecto contempla la construcción de la infraestructura para la operación de un Tren Ligero en la Zona Metropolitana de Guadalajara, con una longitud de 23.10 km. El proyecto incluye 15.7 km de viaducto, 4.3 km de túnel, 0.8 km a nivel, 16 estaciones de paso (5 subterráneas y 11 superficiales) y dos terminales.

Respecto a la infraestructura vial actual, no se contemplan modificaciones de la red, a excepción de algunas afectaciones sobre el trazo del viaducto.

Una vez finalizado el proyecto, no se tiene contemplado realizar cambios en la red vial derivados de la operación del Tren Ligero.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Las características de la red vial de la zona de influencia, así como sus elementos operativos, entre ellas el perfil horario y la clasificación de días (laborables y no laborables), se encuentran en el documento *B.- Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y*

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 4.11.2 RED DE TRANSPORTE PÚBLICO

La red de transporte público de la situación sin proyecto se modifica con la puesta en marcha del proyecto. Al iniciar operaciones el proyecto se modifica o eliminan algunas rutas de transporte público y se disminuye la flota vehicular.<sup>31</sup>

El proyecto integra al sistema un corredor troncal de una longitud de 22 kilómetros, que proporcionará una tecnología de Tren Ligero con una capacidad de 500 pasajeros por tren. Las características técnicas de la infraestructura propuesta son las siguientes:

- Longitud de vía de 22 kilómetros en ambos sentidos.
- Tramo sobre viaducto de 17.5 kilómetros.
- Tramos subterráneo de 4.5 kilómetros.
- Longitudes de andenes 75 m.
- Ancho de andén 3 metros.
- Capacidad de hasta tres carros por estación.
- 16 estaciones intermedias.
- Dos terminales.
- Patios y talleres.

En la siguiente figura se muestra el trazo general del proyecto, el cual inicia en Av. de las Torres en Tlaquepaque, incorporándose a Av. de los Altos para entrar en Guadalajara por la calle Francisco Silva romero, siguiendo por Revolución, Av. Fray Antonio Alcalde, Av. Ávila Camacho y llegando a Zapopan por Av. los Laureles para finalizar su recorrido en Av. Tesistán.

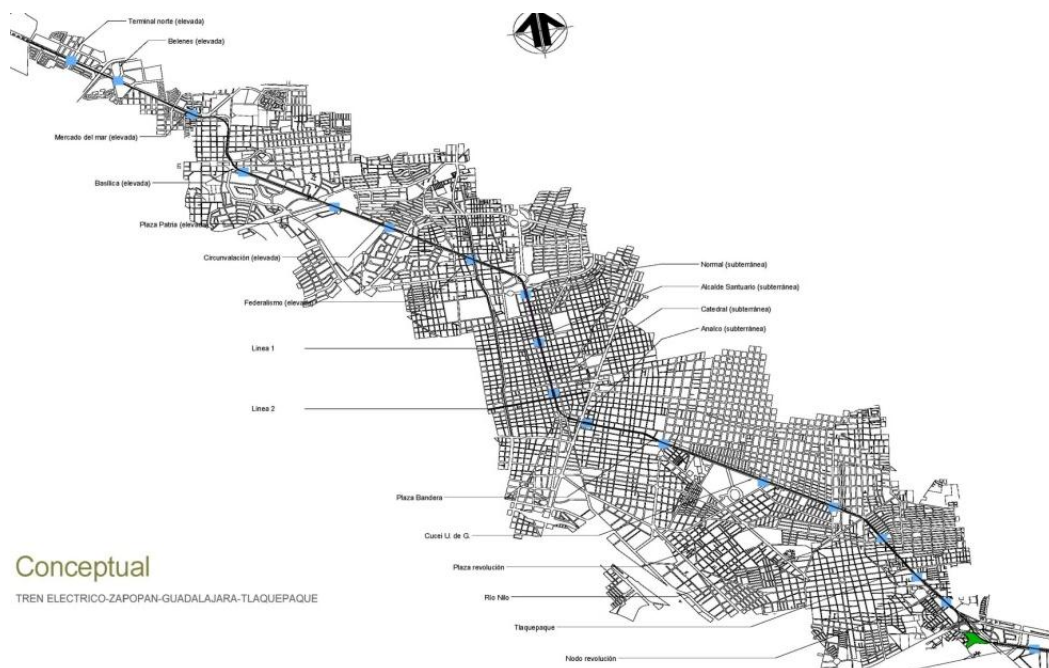
---

*Tlaquepaque, Jalisco: Estudio de factibilidad del proyecto de infraestructura, Sección 1.1.4 Diseño Conceptual, pág. 76, y en el presente Análisis Costo Beneficio, en la Sección 2.4 Interacción entre oferta y demanda.*

31. Idem. Pág. 125.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Figura 29** Trazado conceptual del proyecto



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El desarrollo del proyecto generará una restructuración de las rutas de transporte público propuestas en la situación sin proyecto. Esta restructuración tiene como finalidad garantizar una mayor cobertura con una menor densidad y satisfacer la demanda en la zona de influencia. La tabla siguiente muestra la estructura de rutas en la situación con proyecto.

**Tabla 47** Estructura de rutas por tipo de servicio en la situación con proyecto en el área de influencia

Tipo de ruta	Número de ruta	Porcentaje
Troncal	1	1.3%
Alimentadora	77	98.7%
Total	78	100.0%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

A continuación se presenta un comparativo de las rutas de transporte público en la situación sin proyecto y en la situación con proyecto.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 48** Comparativa de la operación en situación sin y con proyecto – zona de influencia

Situación	Rutas	Longitud de la red (Km)
Sin proyecto	59	2,378.6
Con proyecto	78	1,835.1
Diferencia	- 19	543.5

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

De la información contenida en la tabla anterior, se concluye que aunque en la situación con proyecto la cantidad de rutas es mayor, la longitud de la red se reduce en un 22.9% con respecto a la red planteada en la situación sin proyecto. Lo anterior significa que ante un incremento en el número de rutas y una disminución de la longitud de la red, la optimización de los recorridos de transporte público permite atender la misma cobertura con un menor esfuerzo.

Esta reducción de la longitud de la red demanda una flota menor. Recorridos más pequeños permiten que una menor cantidad de unidades atienda la demanda actual, y el sistema de alimentación hacia el Tren Ligero permite que los usuarios del sistema de transporte cumplan con su recorrido total de viaje.

**Tabla 49** Comparativa de flota operativa en situación con y sin proyecto para las rutas del área de influencia del corredor (2017)

Concepto	Optimización (Flota operativa)	Situación con proyecto (Flota operativa)	Diferencia
Tren	0	1	- 14
Autobús Convencional	503	345	158
Autobús Largo	41	158	- 117
Microbús	293	187	106
Autobús Padrón	203	108	95
Total	1,040	812	228

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

La reducción de la red de transporte público y la nueva estructura de un sistema tronco - alimentado permite una disminución en la flota operativa del 21.9% obteniendo la misma cobertura que en la situación sin proyecto. La puesta en marcha del proyecto permite optimizar los recursos de transporte público y mejorar el nivel de servicio.

La disminución de flota y la reducción de la longitud de la red de transporte público, conlleva a un menor recorrido de kilómetros totales anuales que en la situación sin proyecto. En la Tabla 50 se muestran los kilómetros recorridos por tipo de unidad de transporte público en la situación sin proyecto y con proyecto.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 50** Comparativa de kilómetros recorridos por flota en situación con y sin proyecto para las rutas del área de influencia del corredor (2017)

Concepto	Optimización (Flota operativa)	Situación con proyecto (Flota operativa)	Diferencia
Tren	0	2,354,418	- 2,354,418
Autobús Convencional	42,546,862	21,411,517	21,135,346
Autobús Largo	2,942,472	10,940,671	- 7,998,199
Microbús	20,362,302	10,412,060	9,950,242
Autobús Padrón	17,909,093	8,040,351	9,868,741
Total	83,760,729	53,159,017	30,601,711

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

La restructuración del sistema de transporte reduce en un 36.5% los kilómetros recorridos al año de la flota total. Ante una disminución significativa de los recorridos del transporte público el sistema satisface la demanda actual.

### 4.11.3 TRANSPORTE PRIVADO

El proyecto implementará una tecnología de Tren Ligero que solo modificará marginalmente la red vial, por lo tanto, no hay efecto sobre la infraestructura que circula el transporte privado (automóviles). Las modificaciones de las vialidades sobre el corredor troncal no perjudican la operación de los usuarios de transporte privado.<sup>32</sup>

## 4.12 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda del proyecto está determinada por los abordajes diarios. Los abordajes diarios del tren se dividieron en dos tipos: la demanda natural de transporte público y la demanda inducida.

La demanda natural es la demanda que actualmente se traslada en transporte público y continuara utilizándolo a través de la nueva línea del tren ligero. La demanda inducida son aquellos usuarios que

<sup>32</sup> Las características operativas del transporte público, se presentan en el documento *B.- Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Estudio de factibilidad del proyecto de infraestructura*, Sección 1.1.4 Diseño Conceptual, pág. 76, y en el presente Análisis Costo Beneficio, en la *Sección 2.4 Interacción entre oferta y demanda*.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

actualmente se transportan en autos privados y con la puesta en operación del proyecto se trasladaran en esta línea del tren.

Estos abordajes, en HMD y desagregados por tipo de demanda, se presentan a continuación:

**Tabla 51** Demanda de transporte público. Abordajes en HMD en el horizonte de evaluación

Año	Demanda Natural	Demanda Inducida	Total
2017	15,609	1,161	16,770
2018	15,864	1,275	17,139
2019	16,123	1,394	17,517
2020	16,387	1,516	17,903
2021	16,655	1,642	18,297
2022	16,927	1,773	18,700
2023	17,204	1,908	19,112
2024	17,485	2,048	19,533
2025	17,770	2,193	19,963
2026	18,061	2,342	20,403
2027	18,356	2,496	20,852
2028	18,612	2,520	21,132
2029	18,872	2,543	21,415
2030	19,135	2,567	21,702
2031	19,402	2,592	21,994
2032	19,672	2,617	22,289
2033	19,947	2,640	22,587
2034	20,225	2,665	22,890
2035	20,507	2,691	23,198
2036	20,793	2,716	23,509
2037	21,083	2,741	23,824
2038	21,337	2,772	24,109
2039	21,595	2,802	24,397
2040	21,855	2,833	24,688
2041	22,119	2,864	24,983
2042	22,386	2,896	25,282

. Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### **4.13 INTERACCIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA**

El proyecto incrementa las velocidades promedio del sistema y reduce los tiempos de recorrido. En la situación con proyecto el tiempo total de viaje de los pasajeros de transporte público en el año 2017 es de 58.02 minutos, de los cuales 36.85 minutos corresponden al tiempo de viaje a bordo, 11.15 minutos de tiempo en espera y 10.02 minutos de caminata.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Además, la renovación de flota, la disminución de los kilómetros recorridos al año de la flota y la optimización de las rutas de transporte público disminuirán los costos de operación vehicular. La disminución de los tiempos de recorridos y los costos de operación vehicular se traduce en una disminución de los CGV globales.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 52** CGV de la situación con proyecto (millones de pesos).

Año	COV autobuses	COV transporte privado	COV tren	Tiempo (transporte público y privado)	CGV
2017	1,150.5	3,339.8	129.3	4,113.0	8,732.7
2018	1,167.4	3,446.2	132.9	4,268.4	9,014.9
2019	1,184.6	3,555.9	136.6	4,429.8	9,306.9
2020	1,202.0	3,669.2	140.3	4,597.4	9,608.9
2021	1,219.7	3,786.0	144.2	4,771.4	9,921.3
2022	1,237.6	3,906.6	148.2	4,952.1	10,244.5
2023	1,255.8	4,031.0	152.3	5,139.8	10,578.8
2024	1,274.3	4,159.4	156.5	5,334.7	10,924.8
2025	1,293.0	4,291.8	160.8	5,537.1	11,282.7
2026	1,312.0	4,428.5	165.2	5,747.3	11,653.0
2027	1,331.3	4,569.5	169.8	5,965.6	12,036.2
2028	1,346.5	4,676.3	173.4	6,106.4	12,302.6
2029	1,361.9	4,785.5	177.2	6,250.7	12,575.3
2030	1,377.5	4,897.3	181.0	6,398.4	12,854.2
2031	1,393.2	5,011.7	184.9	6,549.8	13,139.6
2032	1,409.1	5,128.8	188.9	6,704.8	13,431.6
2033	1,425.2	5,248.6	193.0	6,863.6	13,730.4
2034	1,441.5	5,371.2	197.1	7,026.3	14,036.1
2035	1,458.0	5,496.7	201.4	7,192.9	14,349.0
2036	1,474.7	5,625.1	205.7	7,363.6	14,669.1
2037	1,491.5	5,756.5	210.2	7,538.5	14,996.7
2038	1,513.2	5,847.5	216.3	7,669.3	15,246.3
2039	1,535.1	5,939.9	222.6	7,802.4	15,500.0
2040	1,557.4	6,033.8	229.0	7,937.9	15,758.1
2041	1,580.0	6,129.2	235.7	8,075.7	16,020.6
2042	1,603.0	6,226.0	242.5	8,216.0	16,287.5

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Con respecto al transporte privado, el retiro de flota de transporte público sobre la circulación del corredor troncal permite optimizar la operación del transporte privado. Los automóviles reciben una mejora en 14.4% de su velocidad, lo que se ve reflejado en menores tiempos de recorrido.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> En el documento *B.- Resumen del Estudio de Mercado para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco: Estudio de factibilidad del proyecto de infraestructura* se definieron todos los elementos metodológicos para el desarrollo de la propuesta del sistema de transporte masivo y el uso del programa especializado VISUM. Además de esta información, se presentan los resultados del modelo respecto a la demanda del sistema de transporte propuesto para los diversos escenarios en la *Sección 1.1.3 Pronóstico de la demanda* (pág. 46).

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 4.13.1 DETERMINACIÓN DE LA TARIFA

En las estimaciones del proyecto se supone que la tarifa de los usuarios del sistema se mantendrá en los precios actuales (6 pesos) sin cobro por trasbordo entre líneas del Tren Ligero. Sin embargo, en las estimaciones de demanda del proyecto se considera una integración tarifaria parcial con el Macrobus, el Pretren y las rutas alimentadoras; el primer viaje en estos cuatro sistemas tendrá un cobro de 6 pesos y cualquier trasbordo hacia otro de estos, será de 3 pesos.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se desglosan cada uno de los costos y beneficios del proyecto. Posteriormente, se realiza la evaluación del proyecto por medio de indicadores financieros. Finalmente, se presenta el análisis de sensibilidad y riesgos y las conclusiones y recomendaciones, derivadas de la evaluación.

#### 5.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

El costo total del proyecto está conformado por los costos de inversión, de reinversión, los costos operación y mantenimiento del sistema y los costos de mantenimiento de la infraestructura.

##### *5.1.1 INVERSIÓN*

La inversión corresponde a todos los componentes de infraestructura necesarios para iniciar las operaciones del Proyecto del Tren Ligero en el corredor Zapopan - Guadalajara - Tlaquepaque. Se determinó que el tiempo de inversión será de 40 meses, iniciando el segundo semestre de 2013 y finalizando en el último mes de 2016. El monto total estimado de la inversión es de 15,252,389,273 pesos de 2013.

En la siguiente tabla se muestran los conceptos, unidades, cantidades, precios unitarios y los precios totales de todos los componentes de la inversión.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 53** Componentes de la inversión en pesos de 2013

Concepto	Precio total
<b>Liberación de derechos de vía</b>	
Compras de terreno, construcciones y demoliciones	442,411,500
<b>Proyecto ejecutivo</b>	
Proyecto ejecutivo	83,000,000
<b>Obra civil</b>	
Viaducto elevado	2,270,311,773
Túnel	2,021,250,000
Transiciones/trincheras	160,000,000
Tramo en superficie	35,000,000
Estaciones elevadas	2,957,500,000
Estaciones subterráneas	1,925,000,000
Talleres y cocheras	437,500,000
<b>Instalaciones electromecánicas</b>	
Electrificación	1,560,600,000
Señalización	724,464,000
Comunicaciones	548,952,000
Boletaje	254,400,000
<b>Material rodante</b>	
Tren eléctrico	1,386,000,000
<b>Obras complementarias</b>	
CETRAM Normal	250,000,000
Túneles carreteros Plaza Basílica	156,000,000
Servicios afectados	40,000,000

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 5.1.1 COSTOS DE MOLESTIA

Durante la etapa de la construcción de la infraestructura necesaria para este nuevo tren, los usuarios públicos y privados que circulen por las vialidades por las que pasará el tren, se enfrentarán a situaciones en las que se deberá reducir su velocidad de circulación, por lo que sus CGV incrementarán. Estas obras se realizarán para construir los tramos de superficie, que es la menor proporción del trazado del proyecto, viaducto elevado, túnel, y estaciones. Los costos se derivarán de una afectación mínima, ya que los procedimientos de edificación seguirán estrategias de trabajo nocturno o en horarios de baja demanda, y además, los mismos, siguen tecnologías constructivas poco invasivas ya que se desarrollarán de manera subterránea o en sitios que no ocuparán diversos carriles de circulación.

Estos costos de molestia se estimaron como el 1.5% de los mismos CGV anuales de las cuatro horas de máxima demanda de los días hábiles en la situación actual, por lo que ascienden a 506,982,926 de pesos de 2013 en valor presente.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

La siguiente tabla muestra los costos de molestia por año a lo largo del periodo de inversión del proyecto.

**Tabla 54** Costos de molestia anuales en pesos de 2013

Año	Cantidad
2013	139,674,409
2014	146,346,798
2015	153,352,727
2016	160,709,543

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### 5.1.2 COSTO DE REINVERSIÓN EN MATERIAL RODANTE

Para satisfacer la demanda creciente durante la vida útil del proyecto, será necesario incrementar el material rodante. El primer año de reinversión y aumento de flota será en 2019 y se invertirán 77 millones de pesos corrientes en la adquisición de un nuevo tren. La suma del valor presente de las reinversiones totales durante el horizonte de evaluación del proyecto es de 192,162,269 pesos de 2013.

### 5.1.3 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A lo largo de la vida útil del proyecto, se incurrirá en costos de operación y mantenimiento, tanto del material rodante, como de la infraestructura del sistema.

En este apartado, se incluyen los costos por operación y mantenimiento de los trenes, los salarios de personal, la operación y mantenimiento mayor y menor de vías, de estaciones, túneles, de viaductos elevados y de patios y talleres. El monto total por este concepto es de 280,647,049 pesos corrientes para el primer año de funcionamiento del sistema (2017). La suma del valor presente de los costos de operación y mantenimiento anuales, durante el horizonte de evaluación del proyecto es de 1,742,491,980 pesos de 2013.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> Los costos de mantenimiento se encuentran divididos en dos grandes rubros: el mantenimiento del material rodante y el mantenimiento de la infraestructura. Respecto al material rodante, estos costos se incrementan conforme aumentan los kilómetros recorridos año con año. Sobre el mantenimiento preventivo de la infraestructura, este es constante en el tiempo, salvo en los años que se incurre en el mantenimiento mayor (cada 10 años), donde las partes dañadas u obsoletas son removidas y sustituidas por nuevas.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 5.1.4 COSTO DE MANTENIMIENTO MAYOR

Los costos de mantenimiento mayor del sistema aplican cada 10 años y cada 20 el que corresponde a los tramos de viaducto elevado, por lo que es el año 2026 el primero para este concepto. En este año, los costos son de 169,062,457 pesos corrientes y su valor presente en el horizonte de evaluación es de 52,559,698 pesos de 2013.

### 5.1.5 COSTOS TOTALES

La suma del valor presente de todos los costos asociados al proyecto es de 14,447,528,184 pesos de 2013.

## **5.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO**

Conforme a la “Guía metodológica para la evaluación de proyectos de transporte masivo urbano” publicada en por el CEPEP en 2009, los beneficios del “Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco” fueron obtenidos del diferencial de la situación sin proyecto y la situación con proyecto; tanto para los costos de operación vehicular, como para el tiempo de los usuarios del sistema. Además, se incluirá la liberación de recursos que ocurre en el primer año de operación y el valor del rescate de la infraestructura al finalizar el último año de operación.

### 5.2.1 BENEFICIOS POR DISMINUCIÓN DE CGV

Los beneficios por disminución de CGV son el resultado de la diferencia que hay, de estos costos, en la situación sin proyecto (SP) y la situación con proyecto (CP).

La estimación de los beneficios del proyecto, se realiza bajo dos supuestos; la restructuración de las rutas actuales de transporte público, y la integración tarifaria parcial del proyecto con las dos líneas de Tren Ligero, el Macrobús y las rutas alimentadoras.

Para fines del presente ACB, la estimación de los CGV con proyecto se realizó en dos partes. La primera

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

parte del cálculo correspondió a los CGV en vehículos de transporte público, que en la situación con proyecto disminuirán sus kilómetros recorridos, y por lo tanto su COV, y de los usuarios de este medio de transporte que, una vez implementado el Tren Ligero lo utilizarán, reduciendo su tiempo de traslado.

La segunda parte corresponde a las personas que en la situación optimizada, utilizan sus vehículos para transportarse, y en la situación con proyecto, viajarán en el tren. Este cambio modal se estimó a partir de la información obtenida del estudio de *Preferencias Declaradas* y de las *Encuestas OD* para el cambio de modo de transporte y se logra por diversas percepciones positivas de las personas hacia la implementación del Tren Ligero, como son: los menores tiempos de traslado, la disminución en los costos de viaje, o la seguridad del sistema.

La variación en el COV de los vehículos que dejarán de utilizarse por el cambio modal, fue calculado utilizando el costo vehicular obtenido con el programa VOC - MEX correspondiente a la distancia que ya no se recorrerá en la situación con proyecto. El valor del tiempo de las personas fue contemplado en los tiempos totales de los usuarios del Tren.

En la siguiente figura se presenta un esquema de la distribución del CGV por modo de transporte en la situación con proyecto.

**Figura 30** Distribución del CGV por tipo de transporte en la situación con proyecto



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Se estimó que el número de personas que dejarán de utilizar el auto una vez que se implemente el proyecto será de 13,155.

La demanda total del Tren Ligero, en el primer año de operación es de 233,242 pasajeros.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

En total, el valor de los beneficios por disminución de CGV del primer año de operación es de 2,250,817,053 en pesos corrientes y la suma total de los beneficios durante el horizonte de evaluación en valor presente es de 21,339,007,299 pesos de 2013.

### 5.2.2 *BENEFICIOS POR LIBERACIÓN DE RECURSOS*

Otro beneficio atribuible al proyecto, es la liberación de recursos. Este beneficio se refiere al número de unidades que serán remplazadas por el sistema propuesto, y que aún cuentan con vida útil, y por lo tanto pueden ser vendidas. La liberación de recursos se materializa en el primer año de operación y asciende a 217,800,000 pesos corrientes. La suma del valor presente de este beneficio es de 138,415,837 pesos de 2013.

### 5.2.3 *BENEFICIOS POR VALOR DE RESCATE*

A pesar de que los sistemas de Tren Ligero tienen una vida útil mayor al horizonte de evaluación, y que el valor de dichas instalaciones no se deprecia tan rápido como en otras obras (por el mantenimiento constante y la utilidad del mismo), se supuso que, en el último año de operación, existirá un valor de rescate de la infraestructura del 50% del monto de inversión por este concepto y que equivale a 5,028,280,887 pesos corrientes; en valor presente corresponden a 187,973,606 pesos de 2013.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 5.2.1 *BENEFICIOS NO INCLUIDOS EN EL FLUJO DE EFECTIVO*

Otros beneficios atribuibles al proyecto y que no son incluidos en el flujo de efectivo, son: la disminución de emisiones contaminantes, la disminución de accidentes y la fiabilidad en los tiempos de traslado de contar con sistema de tren ligero.

El cambio tecnológico de la flota vehicular del sistema de transporte público actual, por el sistema de Tren Ligero, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la movilidad de pasajeros. En el año 2017, la toneladas de CO<sub>2</sub> liberadas a la atmósfera por el transporte público, una vez que el proyecto sea implementado serán de 36,890 toneladas; la diferencia en el mismo año con la situación sin proyecto (54,297 toneladas) será de 17,407 toneladas.

En las experiencias nacionales e internacionales de la implementación de sistemas de transporte masivo en la modalidad de Tren Ligero, se observó que, los accidentes en el transporte público disminuyeron, derivado de la independencia del sistema con las vialidades. En este mismo sentido, los trenes disminuyen la incertidumbre de los pasajeros sobre los tiempos de espera para abordar las unidades y de recorrido, lo que repercute en mayor fiabilidad para realizar sus viajes oportunamente.

### 5.2.2 *BENEFICIOS TOTALES*

La suma del valor presente de todos los beneficios durante el horizonte de evaluación equivale a 21,665,396,742 pesos de 2013.

## **5.3 CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD**

Los indicadores de rentabilidad utilizados para la evaluación del proyecto, son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa social de descuento utilizada fue del 12%; tasa establecida por la SHCP.<sup>35</sup>

A continuación se muestra el flujo de efectivo del proyecto.

---

<sup>35</sup> Los indicadores de rentabilidad se encuentran sustentados en la memoria de cálculo del presente Análisis Costo-Beneficio y en los supuestos y consideraciones plasmadas en el presente documento.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**Tabla 55** Flujo de efectivo en pesos corrientes

Momento	Año	Inversión	Reinversiones	Costos por molestias	Costos de operación y mantenimiento anuales	Costos de operación y mantenimiento mayor	Disminución de CGV	Liberación de recursos	Valor de rescate	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo descontado
0	2013	-572,147,785	0	-139,674,409	0	0	0	0	0	-711,822,194	-711,822,194
1	2014	-1,794,028,560	0	-146,346,798	0	0	0	0	0	-1,940,375,358	-1,732,477,998
2	2015	-7,109,175,450	0	-153,352,727	0	0	0	0	0	-7,262,528,177	-5,789,642,998
3	2016	-5,777,037,478	0	-160,709,543	0	0	0	0	0	-5,937,747,021	-4,226,371,046
4	2017	0	0	0	-280,647,049	0	2,250,817,053	217,800,000	0	2,187,970,004	1,390,494,493
5	2018	0	0	0	-284,212,410	0	2,498,706,700	0	0	2,214,494,290	1,256,563,532
6	2019	0	-77,000,000	0	-288,498,737	0	2,768,753,220	0	0	2,403,254,483	1,217,563,513
7	2020	0	0	0	-292,263,376	0	3,062,743,249	0	0	2,770,479,873	1,253,224,397
8	2021	0	-77,000,000	0	-296,754,474	0	3,382,602,050	0	0	3,008,847,576	1,215,223,071
9	2022	0	0	0	-300,729,529	0	3,730,404,152	0	0	3,429,674,623	1,236,775,051
10	2023	0	-77,000,000	0	-305,436,845	0	4,108,384,828	0	0	3,725,947,983	1,199,655,531
11	2024	0	0	0	-309,634,077	0	4,518,952,438	0	0	4,209,318,361	1,210,078,443
12	2025	0	-77,000,000	0	-314,569,695	0	4,964,701,740	0	0	4,573,132,045	1,173,809,093
13	2026	0	0	0	-319,001,523	-169,062,457	5,448,428,214	0	0	4,960,364,234	1,136,787,456
14	2027	0	-77,000,000	0	-324,178,202	0	5,973,143,503	0	0	5,571,965,301	1,140,134,496
15	2028	0	0	0	-327,842,712	0	5,735,039,810	0	0	5,407,197,098	987,874,694
16	2029	0	-77,000,000	0	-332,209,010	0	5,495,016,089	0	0	5,085,807,079	829,605,303
17	2030	0	0	0	-336,033,440	0	5,252,979,924	0	0	4,916,946,484	716,125,430
18	2031	0	-77,000,000	0	-340,563,110	0	5,008,837,017	0	0	4,591,273,907	597,047,377
19	2032	0	0	0	-344,554,439	0	4,762,491,123	0	0	4,417,936,684	512,952,389
20	2033	0	-77,000,000	0	-349,254,611	0	4,513,843,998	0	0	4,087,589,387	423,747,169
21	2034	0	0	0	-353,420,123	0	4,262,795,339	0	0	3,909,375,216	361,850,252
22	2035	0	-77,000,000	0	-358,298,237	0	4,009,242,724	0	0	3,573,944,487	295,359,745
23	2036	0	0	0	-362,645,533	-187,224,951	3,753,081,544	0	0	3,203,211,060	236,358,396
24	2037	0	-154,000,000	0	-367,709,355	0	3,494,204,950	0	0	2,972,495,595	195,834,262
25	2038	0	-77,000,000	0	-374,434,108	0	3,752,434,901	0	0	3,301,000,793	194,175,782
26	2039	0	-77,000,000	0	-381,336,025	0	4,022,124,598	0	0	3,563,788,573	187,173,060
27	2040	0	0	0	-387,797,570	0	4,303,734,096	0	0	3,915,936,526	183,632,282
28	2041	0	-77,000,000	0	-395,069,399	0	4,597,741,598	0	0	4,125,672,199	172,738,874
29	2042	0	-77,000,000	0	-402,534,278	0	4,904,644,176	0	5,028,280,887	9,453,390,785	353,398,705

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

Ya que el proyecto cuenta con beneficios crecientes a lo largo del horizonte de evaluación, la TRI es el indicador utilizado para definir el momento óptimo de inicio de operaciones del proyecto (y por lo tanto, del momento óptimo de invertir); cuando la TRI es mayor al 12%, es el momento donde se maximizan los beneficios sociales del proyecto y sería el momento óptimo de operar. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los indicadores de rentabilidad del *Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco*".<sup>36</sup>

**Tabla 56** Resumen de indicadores de rentabilidad

Concepto	Inversión al momento óptimo
Valor presente neto	7,217,868,558
Tasa de rentabilidad inmediata	12.25%
Tasa interna de retorno	17.59%
Momento óptimo de inicio de operación	2017

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Con base en los resultados de los indicadores VPN y TIR, el proyecto muestra rentabilidad social. En la lectura de la TRI, el momento óptimo para el inicio de operaciones será el año 2017.

---

<sup>36</sup> La obtención de los indicadores se muestra en la memoria de cálculo del presente análisis costo – beneficio, y para su generación se utilizó la información del análisis de la demanda actual y sus proyecciones; costos de operación de transporte presente y futuro, generalmente utilizados para este tipo de evaluaciones; costos de infraestructura basados en volúmenes de obra reales y costos paramétricos; costos de superestructura, equipamientos, sub sistemas electromecánicos; entre otros. Para las estimaciones de estos elementos se consideraron supuestos establecidos con base en la experiencia de proyectos del mismo sector, y metodologías nacionales e internacionales que han sido adaptadas por el consorcio de acuerdo a las características del proyecto.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### **5.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

#### *i. Sensibilidad ante incrementos en la inversión*

En el caso de que se presente un incremento en el monto de inversión, incluso del 10%, haría que el momento óptimo de operación se postergara en un año (2018).

**Tabla 57** Análisis de sensibilidad a los incrementos de inversión

Concepto	Base	Incremento en 10%	Incremento en 15%	Incremento en 20%
Valor presente neto (millones de pesos de 2013)	7,217.9	6,022.5	5,424.9	4,827.2
Tasa de rentabilidad inmediata	12.25%	11.18%	10.71%	10.28%
Tasa interna de retorno	17.59%	16.37%	15.82%	15.30%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

El monto de inversión que iguala el VPN a cero es de 24,462,361,308 de pesos de 2013, lo que equivale a 60.38% más que la inversión estimada. Por lo tanto, ante incrementos mayores a 2.17% en la inversión genera una TRI menor al 12%.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

### ii. Sensibilidad ante incrementos en los costos de operación y mantenimiento

Ante incrementos de 10% a 20%, que se consideran rangos con una probabilidad media de ocurrencia en este tipo de proyectos, en los costos de operación y mantenimiento, no se ve afectado el momento óptimo de operación (2017).

**Tabla 58** Análisis de sensibilidad a los incrementos de costos de operación y mantenimiento

Concepto	Base	Incremento en 10%	Incremento en 15%	Incremento en 20%
Valor presente neto (millones de pesos de 2013)	7,217.9	7,038.4	6,948.6	6,858.9
Tasa de rentabilidad inmediata	12.25%	12.08%	12.00%	11.92%
Tasa interna de retorno	17.59%	17.47%	17.40%	17.33%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

### iii. Sensibilidad ante la disminución de beneficios

Con una disminución de los beneficios en 10%, el año óptimo de operación se postergaría en un año (2019).

**Tabla 59** Análisis de sensibilidad a la disminución de beneficios

Concepto	Base	Decremento en 10%	Decremento en 15%	Decremento en 20%
Valor presente neto (millones de pesos de 2013)	7,217.9	5,084.0	4,017.0	2,950.1
Tasa de rentabilidad inmediata	12.25%	10.96%	10.32%	9.68%
Tasa interna de retorno	17.59%	16.06%	15.26%	14.44%

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2013

Ante una disminución de 2% de los beneficios, la TRI sería menor al 12%, en el primer año de operación.

## **5.5 ANÁLISIS DE RIESGOS**

Los principales riesgos asociados al proyecto se identifican en temas políticos debido a que es necesario establecer la coordinación adecuada para el desarrollo de las obras de construcción y la etapa de operación entre distintos municipios de la ZMG. Por otra parte, existen riesgos relacionados a la adquisición de derecho de vía (problemas en las negociaciones podrían posponer la operación del

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

proyecto). También, existe la posibilidad de enfrentar un incremento en los costos de construcción y en los tiempos de ejecución (retrasos en la entrega de material y obras por problemas técnicos y por aumentos en los precios por fenómenos inflacionarios) o, una combinación de los riesgos antes descritos.



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las estimaciones de los indicadores de rentabilidad del proyecto, se obtuvo un VPN de 7,217.8 millones de pesos de 2013 y una TRI de 12.25% en el primer año de operación, mayor a la tasa social de descuento (12%). Con base en estos indicadores se concluye que el *Proyecto de Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco* es socialmente rentable, y que el momento óptimo de operar es 2017, lo que hace necesario invertir a partir de 2013 para maximizar los beneficios netos generados por el proyecto.

Con esta nueva Línea del Tren Ligero y el reordenamiento del transporte público en el corredor Zapopan - Guadalajara – Tlaquepaque y las zonas de influencia, se podrá atender adecuadamente a la demanda creciente de servicios de transporte de pasajeros. Estas medidas generarán beneficios para los usuarios del transporte público, ya que podrán desplazarse a los diferentes destinos en tiempos menores a los actuales. Por otra parte, las vialidades serán transitadas por un menor número de vehículos, reduciendo los tiempos de traslado de los usuarios y los costos de operación y mantenimiento; por lo tanto, se tendrán menores CGV en la ZMG.

Paralelamente, se presentarán otros beneficios no valorados en el este análisis, como la disminución de las emisiones contaminantes vertidas a la atmósfera, que mejorará la calidad del aire de la ZMG y como la reducción en la incidencia de accidentes en el corredor Zapopan - Guadalajara – Tlaquepaque.

A partir del análisis de sensibilidad y riesgos, se observó que ante incrementos en la inversión menores al 2.17%, o disminuciones en los beneficios menores al 2%, el proyecto aún se encuentra en su momento óptimo de operación en el año 2012.

Con base en estas consideraciones, se recomienda la realización del proyecto ya que se trata de una solución socialmente rentable.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

## 7. ANEXOS

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### **ANEXO 1 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN**

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

**ANEXO 2 PUBLICACIÓN TÉCNICA NO. 337, SANFANDILA, QRO, 2010, IMT**

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### ANEXO 3 ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO DE LOS OCUPANTES DE LOS VEHÍCULOS

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### **ANEXO 4 GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE MASIVO URBANO**

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### ANEXO 5 VALOR SOCIAL DEL TIEMPO EN MÉXICO PARA 2013

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### ANEXO 6 RESULTADOS DE VOCMEX



## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

### 8. BIBLIOGRAFÍA

- Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Secretaría de Hacienda y Crédito Público 2012.
- Guía metodológica para la evaluación de proyectos de transporte masivo urbano, diciembre 2009, CEPEP.
- Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030
- Plan Municipal de Desarrollo Guadalajara de 2010 - 2012/2022
- Plan Municipal de Desarrollo Tlaquepaque 2010 - 2012
- Plan Municipal de Zapopan 2010 - 2012
- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018
- Valor Social del Tiempo a Nivel Nacional 2013; CEPEP.
- Calculadora de Inflación, INEGI 2012 - 2013
- Consulta interactiva de datos, INEGI 2013.