

## 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.

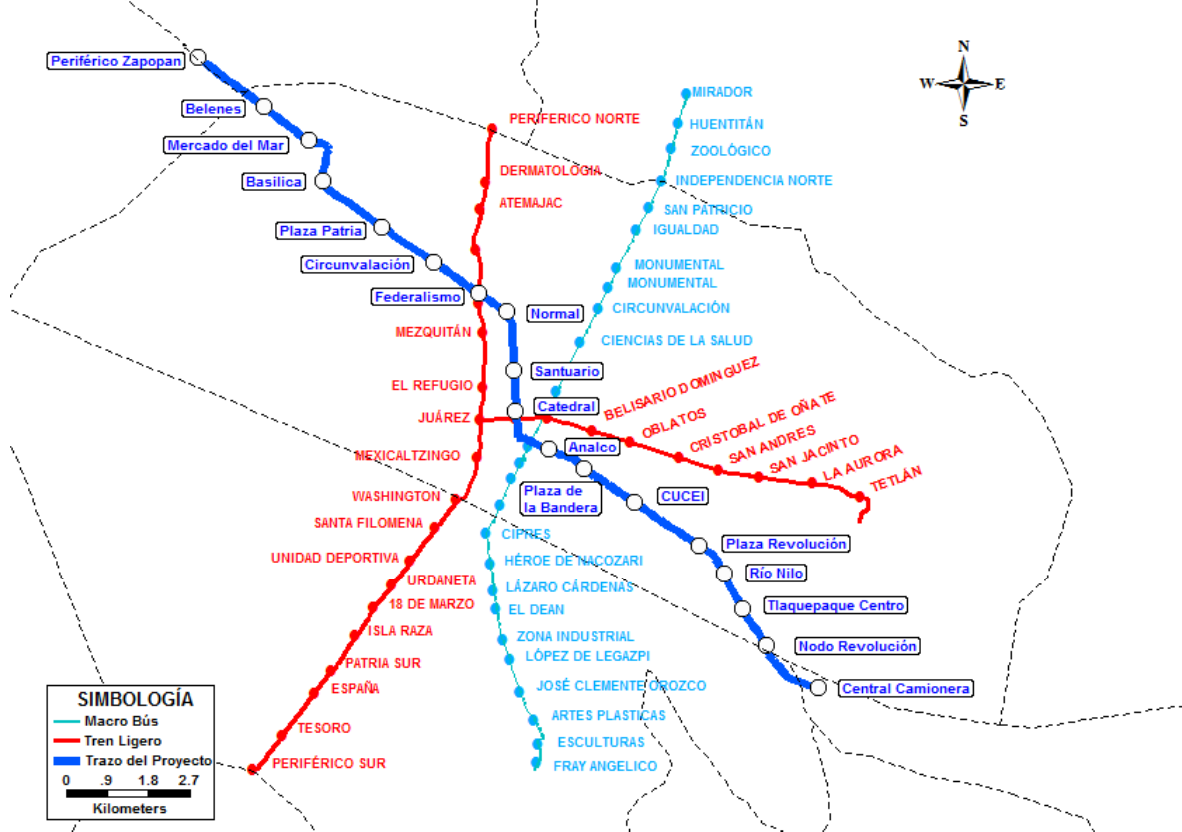
### **1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

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 Ligerio 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



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Tránsito y Transportes SC

## 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.