

## 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 54** Componentes de la inversión en pesos de 2013

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Liberación de derechos de vía</b>				
Compras de terreno, construcciones y demoliciones	Lote	1	442,411,500	442,411,500
<b>Proyecto ejecutivo</b>				
Proyecto ejecutivo	Lote	1	83,000,000	83,000,000
<b>Obra civil</b>				
Viaducto elevado	Metro cuadrado	15,750	144,147	2,270,311,773
Túnel	Metro lineal	3,850	525,000	2,021,250,000
Transiciones/trincheras	Metro lineal	800	200,000	160,000,000
Tramo en superficie	Metro lineal	500	70,000	35,000,000
Estaciones elevadas	Edificación	13	227,500,000	2,957,500,000
- Acabados				1,035,125,000
- Estructura				1,478,750,000
- Instalaciones				443,625,000
Estaciones subterráneas	Edificación	5	385,000,000	1,925,000,000
- Acabados				577,500,000
- Estructura				1,155,000,000
- Instalaciones				192,500,000
Talleres y cocheras	Edificación	1	437,500,000	437,500,000
- Acabados				175,000,000
- Estructura				131,250,000
- Instalaciones				131,250,000
<b>Instalaciones electromecánicas</b>				
Electrificación	Lote	1	1,560,600,000	1,560,600,000
- Alta y media tensión		1	623,900,000	623,900,000
- Catenaria y tracción		1	545,700,000	545,700,000
- Baja tensión A y F		1	391,000,000	391,000,000
Señalización	Lote	1	724,464,000	724,464,000
- Control automático del tren, ATS, ATO, ATP, TTR, TEN, CTR, TES		1	724,464,000	724,464,000
Comunicaciones	Lote	1	548,952,000	548,952,000
- RAD, TEL, INT, SON, INU, RED, FIS, CRO, EME, BIT		1	548,952,000	548,952,000
Boletaje	Lote	1	254,400,000	254,400,000
- PJE, ACC, VID		1	254,400,000	254,400,000
<b>Material rodante</b>				
Tren eléctrico	Carro	18	77,000,000	1,386,000,000
<b>Obras complementarias</b>				
CETRAM Normal	Edificación	1	250,000,000	250,000,000
Túneles carreteros Plaza Basílica	Metro lineal	1,200	130,000	156,000,000
<b>Servicios afectados</b>				
Servicios afectados	Metro lineal	5,000	8,000	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

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

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.

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

**Tabla 55** 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

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

operación y mantenimiento anuales, durante el horizonte de evaluación del proyecto es de 1,742,491,980 pesos de 2013.<sup>34</sup>

### 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.

---

<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

---

### 5.2.1 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 reestructuración 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 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.

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

**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.

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 reemplazadas 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

## 8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

---

5,028,280,887 pesos corrientes; en valor presente corresponden a 187,973,606 pesos de 2013.

### 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>

---

<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

---

A continuación se muestra el flujo de efectivo del proyecto.



**8. ANALISIS COSTO BENEFICIO**
**Tabla 56 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	5,008,637,017	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	-187,224,951	4,009,242,724	0	0	3,573,944,487	295,359,745
23	2036	0	0	0	-362,645,533	0	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 57** 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 58** 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 59** 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 60** 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.