

# 2012

## Análisis Costo Beneficio Ampliación y Modernización de Línea 1 Tren Ligero Guadalajara TLG-1



Corporación Rehovot, S.A. de C.V.

FIDEUR

Gobierno del Estado de Jalisco

09/03/2012

## Contenido

|      |   |                                      |
|------|---|--------------------------------------|
| i.   | Resumen Ejecutivo .....   | 8                                    |
| ii.  | Situación Actual del Programa o Proyecto de Inversión .....   | 18                                   |
|      | a) Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto. ....  | 18                                   |
|      | b) Análisis de la Oferta; .....   | 25                                   |
|      | c) Análisis de la demanda Actual.....   | 29                                   |
|      | d) Interacción de la oferta-demanda. ....   | 48                                   |
| iii. | Situación sin el Programa o Proyecto de Inversión.....  | 50                                   |
|      | a) Optimizaciones: 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 ..... | 50                                   |
|      | b) Análisis de la Oferta en caso de que el programa o proyecto de inversión no se lleve a cabo. ....  | 51                                   |
|      | c) Análisis de la Demanda en caso de que el programa o proyecto de inversión no se lleve a cabo .....   | 51                                   |
|      | d) Diagnóstico de la interacción de la oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación. ....   | 53                                   |
|      | e) Alternativas de solución.....  | 53                                   |
| iv.  | Situación con el Programa o Proyecto de Inversión .....   | 60                                   |
|      | a) Descripción general.....   | 60                                   |
|      | b) Alineación estratégica .....   | 69                                   |
|      | c) Localización geográfica .....  | 76                                   |
|      | d) Calendario de Actividades.....   | 79                                   |
|      | e) Monto total de inversión.....  | 80                                   |
|      | Costos y plan de inversión.....   | 80                                   |
|      | f) Financiamiento.....  | 83                                   |
|      | g) Capacidad Instalada .....  | 85                                   |
|      | h) Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación .....  | 87                                   |
|      | i) Vida útil .....  | 89                                   |
|      | j) Descripción de los aspectos más relevantes y conclusiones de los estudios técnicos, legales, ambientales, de mercado y en su caso, algún otro estudio que se requiera. ....  | 89                                   |
|      | k) Análisis de la Oferta a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión.....   | 97                                   |
|      | Interacción del proyecto con la Infraestructura existente.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| l)    | Análisis de la Demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión..... | 102 |
| m)    | Interacción de la oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación .....   | 111 |
| v.    | Evaluación del Programa o Proyecto de Inversión.....  | 113 |
| a)    | Identificación, cuantificación y valoración de los costos del programa o proyecto de inversión .....                                    | 114 |
| b)    | Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión.....                                 | 122 |
| c)    | Calculo de los indicadores de rentabilidad .....  | 136 |
| d)    | Análisis de sensibilidad.....   | 140 |
| e)    | Análisis de riesgos .....   | 144 |
| vi.   | Conclusiones y Recomendaciones .....  | 148 |
| vii.  | Anexos .....  | 152 |
| viii. | Bibliografía .....  | 154 |

## Listado de Tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1 Ahorro en costo de operación transporte público para el tren ligero de ZMG.....              | 14  |
| Tabla 2 Ahorro de tiempo de viaje en transporte público para la línea de tren ligero de la ZMG ..... | 14  |
| Tabla 3 Indicadores de rentabilidad para la línea 1 del tren ligero de la ZMG .....                  | 17  |
| Tabla 4 Rutas en las que se realizarán los estudios de ascenso y descenso .....                      | 31  |
| Tabla 5 Ubicación de las encuestas.....  | 32  |
| Tabla 6 Rutas con cambios con respecto modelo CEIT .....   | 34  |
| Tabla 7 Conteo de Pasajeros Línea 1.....   | 47  |
| Tabla 8 Frecuencia TLG-1 .....   | 48  |
| Tabla 9 Acciones en la situación actual y optimizada .....   | 50  |
| Tabla 10 Velocidad de operación - Situación Actual y Optimizada.....                                 | 51  |
| Tabla 11 Parámetros para comparación del CAE entre BRT y Tren Ligero .....                           | 57  |
| Tabla 12 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa BRT .....                                | 57  |
| Tabla 13 Costo Anual Equivalente Alternativa BRT.....  | 57  |
| Tabla 14 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa Tren Ligero .....                        | 58  |
| Tabla 15 Costo Anual Equivalente alternativa Tren Ligero .....                                       | 58  |
| Tabla 16 Recorrido del proyecto por tramo dirección Sur-Norte .....                                  | 64  |
| Tabla 17 Tipos de estaciones en el corredor.....   | 66  |
| Tabla 18 Tipos de estaciones en el corredor.....   | 67  |
| Tabla 19 Construcción de Túneles – Año 1976 .....  | 80  |
| Tabla 20 Parámetros de la incorporación de trenes – Año 1989.....                                    | 80  |
| Tabla 21 Costo de Inversión para Infraestructura y Material Rodante TLG-1 .....                      | 81  |
| Tabla 22 Montos de Inversión.....  | 84  |
| Tabla 23 Resumen inversión solo infraestructura .....  | 84  |
| Tabla 24 Monto planeado por fuente de inversión .....  | 85  |
| Tabla 25 Metas anuales de demanda para el corredor .....   | 89  |
| Tabla 26 Elasticidad de la demanda.....  | 96  |
| Tabla 27 Demanda Anual del Corredor.....   | 105 |
| Tabla 28 Población total en la ZMG .....   | 109 |
| Tabla 29 Evolución demográfica .....   | 109 |
| Tabla 30 Costo de inversión en Infraestructura (sin IVA).....  | 114 |
| Tabla 31 Costo de inversión por material rodante .....   | 115 |
| Tabla 32 Costo Operación Trenes .....  | 116 |
| Tabla 33 Costos de operación y mantenimiento anual para Línea TLG-1.....                             | 119 |
| Tabla 34 Costo por concepto de mantenimiento de trenes SITEUR 2012 .....                             | 120 |
| Tabla 35 Costo por concepto de mantenimiento de trenes Línea 3.....                                  | 120 |
| Tabla 36 Costos de operación y mantenimiento para el corredor .....                                  | 121 |
| Tabla 37 Consumo Eléctrico Escenario Sin Proyecto .....  | 123 |
| Tabla 38 Consumo Eléctrico Escenario Con Proyecto .....  | 123 |
| Tabla 39 Beneficios Eficiencia Energética .....  | 124 |
| Tabla 40 Viaje Promedio .....  | 126 |
| Tabla 41 Parámetros para estimar el valor del tiempo (VOT).....                                      | 126 |
| Tabla 42 Parámetros para estimar el valor del tiempo.....  | 127 |
| Tabla 43 Configuración del valor del tiempo .....  | 128 |
| Tabla 44 Beneficio Tiempo - Situación Optimizada y Con Proyecto .....                                | 131 |
| Tabla 45 Configuración del valor del tiempo .....  | 134 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 46 Beneficios por ahorro en costos de operación para el corredor (sin IVA) .....                   | 135 |
| Tabla 47 Flujos de efectivo social para el corredor (millones de pesos sin IVA).....                     | 137 |
| Tabla 48 Flujos descontados para el corredor .....   | 139 |
| Tabla 49 Indicadores de rentabilidad social para el corredor.....  | 140 |
| Tabla 50 Análisis de sensibilidad respecto al monto de inversión.....                                    | 141 |
| Tabla 51 Análisis de sensibilidad respecto al monto de materiales y suministros - capítulo 2000- .....   | 142 |
| Tabla 52 Análisis de sensibilidad respecto al monto de bienes muebles e inmuebles - capítulo 5000- ..... | 142 |
| Tabla 53 Análisis de sensibilidad respecto al monto de Equipo Rodante Troncal.....                       | 143 |
| Tabla 54 Análisis de sensibilidad respecto al monto de mantenimiento.....                                | 143 |
| Tabla 55 Análisis de sensibilidad para beneficios por costos de operación .....                          | 144 |
| Tabla 56 Análisis de sensibilidad para los beneficios por tiempo de viaje .....                          | 144 |
| Tabla 57 Flujos descontados al tercer año.....   | 145 |
| Tabla 58 Indicadores de rentabilidad social para el corredor al tercer año .....                         | 146 |
| Tabla 59 Resumen de la evaluación social .....   | 150 |

## Listado de Ilustraciones

|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 1 Plano urbano que explica la correlación del total de viajes originados en el estudio origen-destino.....   | 9   |
| Ilustración 2 Estructura de Movilidad en ZCG.....  | 9   |
| Ilustración 3 Oferta y Demanda Línea 1.....  | 10  |
| Ilustración 4 Índice de Motorización en Latinoamérica.....   | 12  |
| Ilustración 5 Capacidad del sistema.....   | 14  |
| Ilustración 6 Oferta y Demanda de Pasajeros Línea 1 - Ambos Sentido.....   | 19  |
| Ilustración 7 Estación Tren Ligero Periférico Norte.....   | 20  |
| Ilustración 8 Plano de Guadalajara 1988.....   | 21  |
| Ilustración 9 Crecimiento tasa de motorización en ZMG.....   | 23  |
| Ilustración 10 Autos por mil habitantes.....   | 24  |
| Ilustración 11 Plano de TLG-1.....   | 26  |
| Ilustración 12 Puntos de levantamiento de encuestas de interceptación.....   | 32  |
| Ilustración 13 Puntos de comparación de aforos.....  | 35  |
| Ilustración 14 Validación del modelo antes de ajuste por conteos.....  | 36  |
| Ilustración 15 Pasajeros diarios modelados.....  | 37  |
| Ilustración 16 Zona Metropolitana de Guadalajara para estudio de demanda multimodal de desplazamientos.....  | 38  |
| Ilustración 17 Área de estudio modelo Ustran.....  | 39  |
| Ilustración 18 Ubicación puntos aforo y encuestas.....   | 40  |
| Ilustración 19 Principales resultados de la encuesta de preferencia declarada – Preferencia de los encuestados del sistema actual y sistema propuesto de transporte..... | 41  |
| Ilustración 20 Principales resultados de la encuesta de preferencia declarada – Frecuencia de viajes.....  | 41  |
| Ilustración 21 Principales resultados de la encuesta de preferencia declarada – Costo del viaje declarado.....   | 42  |
| Ilustración 22 Asignación de transporte público.....   | 43  |
| Ilustración 23 Puntos de acceso del transporte público.....  | 44  |
| Ilustración 24 Puntos de descenso del transporte público.....  | 44  |
| Ilustración 25 Puntos de transbordo en transporte público.....   | 45  |
| Ilustración 26 Modos de transporte en la ZMG.....  | 47  |
| Ilustración 27 Terminal Norte.....   | 65  |
| Ilustración 29 Mapa de crecimiento de la ZMG.....  | 77  |
| Ilustración 30 Mapa Zona Metropolitana de Guadalajara.....   | 78  |
| Ilustración 31 Calendario de actividades.....  | 79  |
| Ilustración 32 Diseño de ampliación y modernización Línea 1.....   | 97  |
| Ilustración 28 Incremento de la Flota Total en el horizonte de evaluación.....   | 98  |
| Ilustración 33 Demanda no atendida.....  | 102 |
| Ilustración 34 Comparación de flujos asignados con y sin proyecto.....   | 103 |
| Ilustración 35 Proyección del crecimiento poblacional de la ZMG.....   | 110 |
| Ilustración 36 Tiempo de recorrido situación actual y con proyecto.....  | 112 |

## Listado de acrónimos y abreviaturas

|                   |   |
|-------------------|---|
| B/C               | Beneficio entre Costo   |
| BRT               | Bus Rapid Transit   |
| CAE               | Costo Anual Equivalente   |
| CBTC              | Communications-Based Train Control (Control de Trenes Basado en Comunicaciones)   |
| CEIT              | Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte  |
| CO                | Monóxido de Carbono   |
| COP 16/CMP6       | 16ª edición de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y la 6ª Conferencia de las Partes actuando como Reunión de las Partes del Protocolo de Kyoto |
| COV               | Costo de Operación Vehicular  |
| FONADIN           | Fondo Nacional de Infraestructura   |
| GEI               | Gases de Efecto Invernadero   |
| GTO               | Gate Turn-off Thyristir (Tiristor para abrir y cerrar puertas)  |
| Ha                | Hectáreas   |
| HC                | Hidrocarburos   |
| HMD               | Hora Máxima Demanda   |
| Hz                | Hertz   |
| IgBt              | Insulated Gate Bipolar Transistor (Transistor Bipolar de Puerta Aislada)  |
| IMECA             | Índice Metropolitano de la Calidad del Aire   |
| INEGI             | Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática   |
| IPK               | Índice de pasajeros por kilómetro   |
| IVA               | Impuesto al Valor Agregado  |
| Km                | Kilómetro   |
| Km/h              | Kilómetro por hora  |
| kV                | Kilovoltio  |
| kVA               | Kilovoltampere  |
| kWh               | Kilowatts hora  |
| LAN               | Local Area Network (Red de Área Local)  |
| M                 | Metros  |
| m/s <sup>2</sup>  | Metro por Segundo al Cuadrado   |
| m <sup>3</sup> /h | Metro Cúbico por Hora   |
| MDP               | Millones de pesos   |
| Min               | Minutos   |
| Mm                | Milímetros  |
| Mx                | Pesos mexicanos   |
| NO                | Óxido de Nitrógeno  |
| OPD               | Organismo Público Descentralizado   |
| PABX              | Private Automatic Branch Exchange (Central Secundaria Privada Automática)   |
| PBX               | Private Branch Exchange (Central Secundaria Privada)  |
| PECC              | Programa Especial de Cambio Climático   |
| PVD               | Índice de Pasajeros por Vehículo por Día  |
| R <sup>2</sup>    | Coefficiente de Correlación   |
| RAMS              | Reliability, Availability, Maintainability, Scalability (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, escalabilidad)   |
| SCADA             | Supervisory Control And Data Acquisition (Control de Supervisión y Adquisición de Datos)  |

|         |   |
|---------|---|
| SEMADES | Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable                       |
| SHCP    | Secretaria de Hacienda y Crédito Público                                    |
| SITEUR  | Sistema de Tren Eléctrico Urbano  |
| TEU     | Twenty-foot Equivalent Unit (Unidad de medida de capacidad de contenedores) |
| TIR     | Tasa Interna de Retorno   |
| TIRI    | Tasa Interna de Retorno Inmediato   |
| TLG-1   | Tren Ligero Guadalajara Línea 1   |
| TV      | Tiempo de viaje   |
| UI-SHCP | Unidad de Inversiones – Secretaria de Hacienda y Crédito Público            |
| USD     | United States dollar (Dólar de los Estados Unidos)                          |
| USTRAN  | Empresa Urbanismo y Sistema de Transporte S.A. de C.V.                      |
| VAC     | Voltaje con Corriente Alterna   |
| Vcc     | Voltaje de Corriente Continua   |
| VDC     | Vehicle Dynamic Control (Control Dinámico del Vehículo)                     |
| VNP     | Valor Neto Presente   |
| ZCG     | Zona Conurbada de Guadalajara   |
| ZMG     | Zona Metropolitana de Guadalajara   |

## i. Resumen Ejecutivo

1. El objetivo del proyecto de Ampliación y Modernización de la Línea 1 de Ten Ligerero Urbano de Guadalajara -TLG-1- es el de reducir los Costos Generalizados de Viaje –CGV-, tanto de los actuales usuarios de la troncal, como también de los futuros usuarios los cuales actualmente están siendo expulsados hacia modos de transporte menos eficientes y rápidos, como consecuencia a las restricciones de la oferta, misma que se ha conservado sin cambio desde 1989. La reducción de los CGV traerá como consecuencia una serie de beneficios adicionales como la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, el incremento del bienestar de los usuarios, la reducción de los índices de accidentalidad, entre otros.
2. La Zona Metropolitana de Guadalajara ZMG, que incluye la capital del estado, es un punto donde se articulan los principales ejes carreteros, ferroviarios y aéreos de la región occidente, en este punto convergen: las carreteras que conectan con los puntos turísticos más importantes del occidente, como son Mazatlán, Puerto Vallarta y Manzanillo, y conectando por toda la costa del Pacífico hasta llegar al norte hasta Hermosillo llegando a la frontera de Nogales, así como el eje carretero que conecta con el Bajío Querétaro, Ciudad de México, y al norte con la carretera a Zacatecas – Monterrey, siendo una ubicación estratégica la Zona metropolitana por la importancia que tiene de conexión con toda la parte occidente y norte del país.
3. La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) con una población que aumentó de 2.9 a 4.3 millones de habitantes de 1990 a 2008 y una proyección esperada de 5.5 Millones para el 2025 (crece al 1.3% anual) constituye la segunda más grande del país, integrada por los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Juanacatlán, que representan más del 60% de la población del estado de Jalisco. La mancha urbana se ha expandido en forma más acelerada al pasar de 17,000 ha a 69,600 ha de 1990 a 2008, con un patrón de crecimiento urbano horizontal con baja densidad poblacional hacia los municipios vecinos.
4. Este patrón de desarrollo urbano genera una demanda de transporte con recorridos cada vez mayores por los principales corredores, predominando los viajes radiales al centro, en especial de transporte público, al crecer las zonas habitacionales en la periferia y las actividades comerciales y de servicios en el centro.
5. En los últimos años, la zona metropolitana se ha consolidado como un importante clúster de sectores como el electrónico, textil, automotriz, logística y servicios, lo cual ha demandado un crecimiento de mano de obra con la consecuente presión sobre los servicios de transporte.
6. Con base a la última Encuesta Origen y Destino que la zona metropolitana de Guadalajara ha desarrollado en los últimos años dentro de un plan integral de movilidad, y que dicho estudio de Encuesta de Origen-Destino –O-D- 2007, también denominado “ESTUDIO DE DEMANDA MULTIMODAL DE DESPLAZAMIENTOS DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA”, está integrado por 19,227 encuestas sobre puntos de atracción definidos en la mancha urbana. Así mismo, este análisis concluye que en la ZMG se realizan diariamente 9’782,652 viajes, de los cuales 5’796,857 millones son viajes motorizados, equivalente al 59.25% del total. La participación del transporte colectivo al total de viajes motorizados representa el 28.33%, equivalentes a 2’772,373

viajes diarios. El plano urbano inferior explica de manera gráfica la correlación del total de viajes originados en el estudio de O-D.

Ilustración 1 Plano urbano que explica la correlación del total de viajes originados en el estudio origen-destino

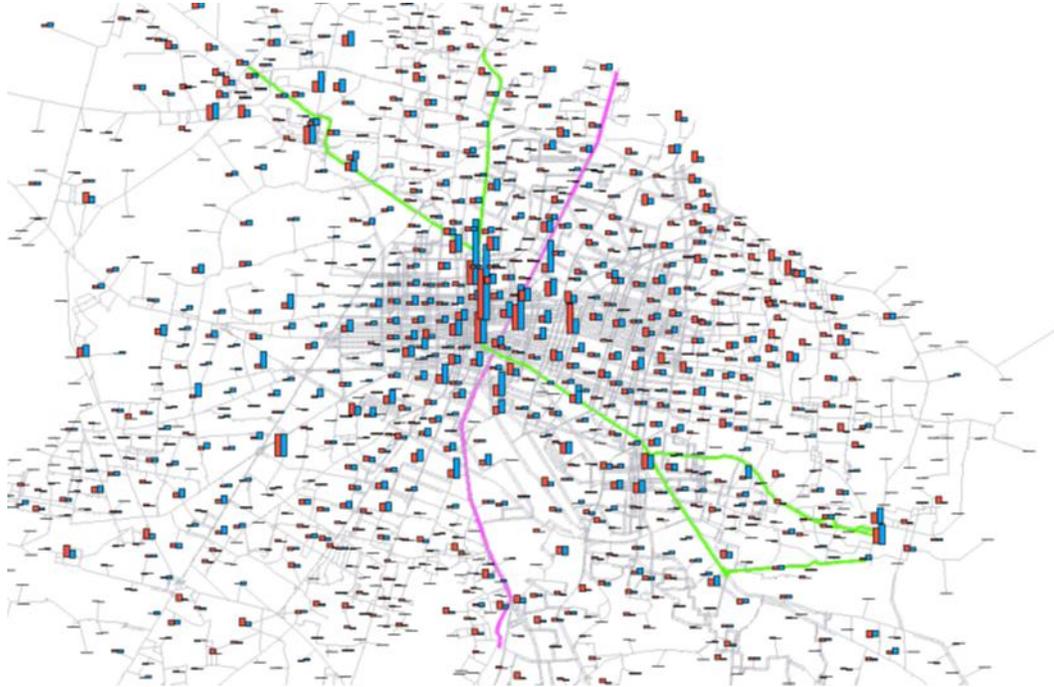
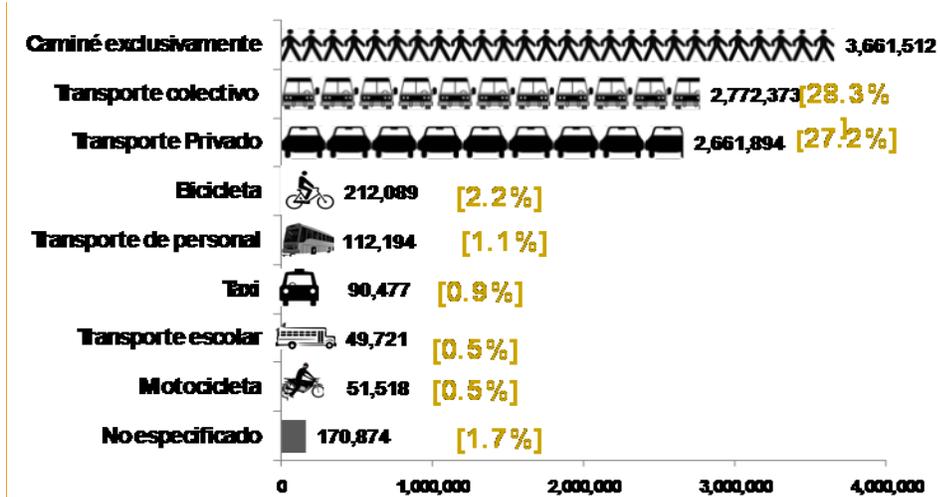


Ilustración 2 Estructura de Movilidad en ZCG



- La Zona Metropolitana de Guadalajara genera 9.7 millones de viajes diarios, de los cuales el transporte colectivo integrado por 5,000 unidades de transporte convencional -12 metros- mueve al 28.3% del total.

8. El sistema de rutas actual cubre parcialmente la ciudad; tiende a concentrarse en las principales avenidas, dejando sin servicio a las colonias ubicadas en la periferia, debido principalmente a la desarticulación que existe entre el crecimiento de la ciudad y el servicio de transporte público, ocasionando la desatención mencionada.
9. El constante desarrollo urbano de la zona conurbada y la poca evolución de sus sistemas de movilidad, han convertido al transporte público en un servicio tan ineficiente, que los usuarios deben utilizar rutas con origen en las zonas periféricas y que cruzan el centro histórico de la ciudad innecesariamente, utilizando a éste como una plataforma obligada de transbordo, obteniendo con esto una movilidad limitada y dependiente, cada vez más, de la conjunción de rutas, pagando tarifas extras y requiriendo mayor tiempo para su transportación.
10. Debido a las características de crecimiento de la ciudad, anteriormente mencionadas, se requiere de un sistema de transporte público adecuado a la estructura de la ciudad y a los nuevos patrones de viajes de sus habitantes

**1.1. Problemática identificada.**

11. La problemática general del transporte público en la zona metropolitana de Guadalajara se debe a las siguientes características actuales:

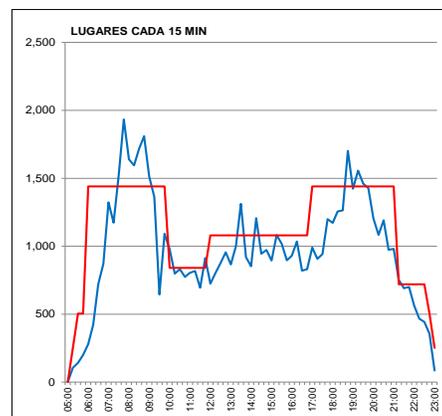
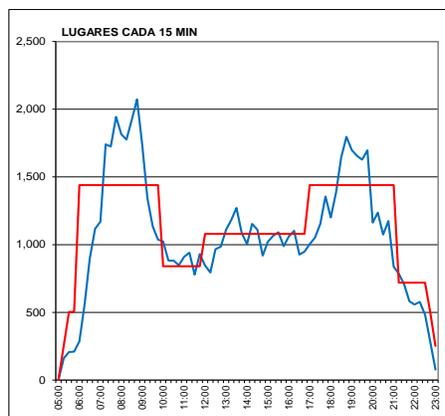
- I. El modelo operacional de la Línea TLG-1 fue diseñado hace más de 20 años, por lo tanto la tecnología como la capacidad no responde a las necesidades de las condiciones operativas actuales. Desde su inicio en 1989, la troncal ha operado con los mismos 24 carros, con una configuración de trenes dobles -12 trenes-, sin embargo la demanda ha venido creciendo y por consecuencia, el sistema ha encontrado un punto de saturación, en el cual ya no puede atender una mayor demanda. La grafica inferior ejemplifica de manera clara el desbalance entre las necesidades de la demanda y las posibilidades de la oferta en la Línea Tren Ligero Guadalajara - 1 TLG-1.

**Ilustración 3 Oferta y Demanda Línea 1**

**Oferta y demanda**

Sur -Norte

Norte - Sur

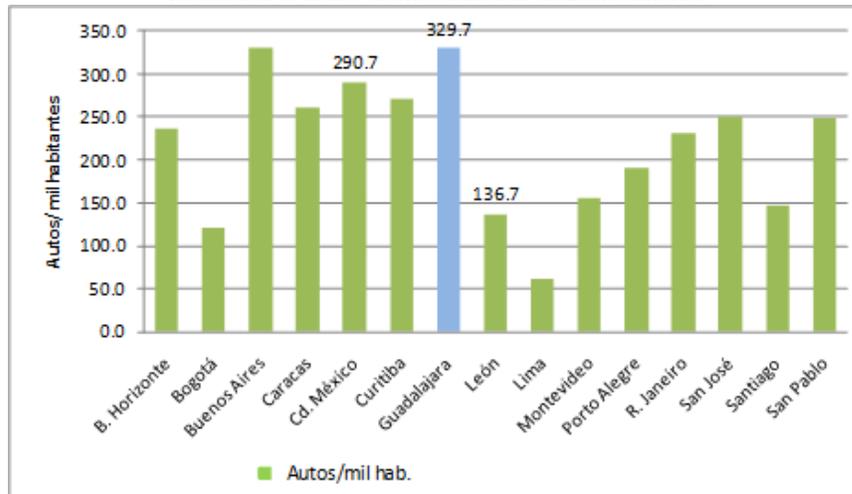


— Demanda  
— Oferta práctica 5 pas/m<sup>2</sup>

- II. El hecho de que la TLG-1 opere bajo condiciones próximas a la saturación implica una serie de inconvenientes, dentro de los que destacan una caída en la calidad del servicio, ya que los usuarios en hora pico deben de esperar hasta dos trenes para poder abordar, lo cual supone tiempos de esperas de hasta 10.30 minutos, cuando la frecuencia de paso registra 5.15 minutos. El punto de saturación también trae como consecuencia un incremento en los costos operativos, ya que los trenes operan con mayor peso al establecido en la capacidad de diseño, lo cual supone un incremento en costos de mantenimiento.
  - III. La infraestructura actual de la Línea TLG-1 enfrenta una serie de restricciones técnicas para ampliar su capacidad operativa. Por lo tanto, dicha troncal no solo necesita mayor número de trenes, también requiere de una modernización y ampliación de su infraestructura, de lo contrario no podría incorporar un mayor número de carros de tren. Por ejemplo, las actuales plataformas en terminales y estaciones solo cuentan con espacios de 60 m de largo, lo cual imposibilita la configuración de trenes triples, los cuales permiten una mayor velocidad de operación y una reducción en los tiempos de espera de los usuarios *–principalmente en hora punta–*. Por otra parte, los sistemas eléctricos y de control no registran la capacidad necesaria para operar un número mayor de trenes.
  - IV. La evidencia en el grado de obsolescencia de los sistemas de la Línea TLG-1 trae como consecuencia una reducción de la eficiencia energética, lo cual conlleva a mayores costos operativos, así como también incremento de mayores emisiones de gases efecto invernadero –GEI–, causantes del efecto del cambio climático.
  - V. El incremento que registra la demanda resulta mayor que la capacidad de la oferta de la Línea TLG-1, lo cual trae como consecuencia que la infraestructura de la troncal de movilidad no pueda operar como un sistema “tronco-alimentador”, ya que actualmente no existe un modelo sistematizado de alimentación del tren eléctrico urbano –TEU– a través de la interacción con buses alimentadores exclusivos o bien con un rediseño de rutas de buses convencionales, el cual pudiese crear sinergias con beneficios mutuos para ambos modos de transporte. La alternativa de alimentación queda descartada ya que, en caso de implementarse, crearía un problema mayor con la saturación de la capacidad del TEU para movilizar un mayor nivel de demanda.
  - VI. La demanda no atendida como consecuencia a la saturación del sistema, así como la demanda agregada por el crecimiento natural del TEU debe migrar hacia el sistema de buses convencionales *–bajo la situación actual–*. Lo cual implica que los usuarios deberán migrar hacia un modo de transporte menos eficiente, el incrementar el tiempo necesario para alcanzar su destino y plantea un menor eficiencia operativa. Esta migración forzada de modo de transporte genera una serie de complicaciones ya que el transporte colectivo en la ZMG se caracteriza por una ineficiencia operativa, la cual tiene una serie de repercusiones directas en la calidad del servicio brindado a los usuarios, el congestionamiento del piso vial, las mermas en los ingresos del sistema, aumento en las emisiones contaminantes y el aumento costo por kilómetro.
12. La problemática antes expuesta sobre la saturación de la capacidad para absorber mayor demanda por parte del tren ligero urbano, como también la alternativa forzada de los usuarios a migrar al sistema de buses convencionales ejerce una fuerte presión al incremento de las tasas motorizadas

privadas, la cual de acuerdo a un estudio del Centro de Transporte Sustentable –CTS- indica que la ZMG registra uso de los más altos índices de automóvil per cápita en el contexto de ciudades latinoamericanas.

**Ilustración 4 Índice de Motorización en Latinoamérica**



Fuente: Centro de Transporte Sustentable –CTS-.

13. En el largo aliento de continuar la situación en el estado en que se encuentra se podrán evidenciar una serie de problemáticas de movilidad insostenibles para el desarrollo equilibrado de la ZMG. Por una parte, el tren no podrá incorporar un mayor número de usuarios, lo cual representa una aberración si se considera que la mayor parte de la inversión en este sistema ya está amortizada y que además este modo de transporte genera los desplazamientos más rápidos en la ZMG, registra el menor costo de transporte per cápita y emite un menor nivel de gases efecto invernadero en comparación con los generados por los motores de combustión interna. La migración de la demanda no atendida del tren migrara hacia los buses convencionales, los cuales registras una baja eficiencia operativa con bajos índices de IPK's, mayores tiempos de desplazamiento e incentivos adversos a la eficiencia operativa y a la seguridad del usuario. La falta de un servicio como el brindado por el tren puede contribuir negativamente a incrementar los niveles de motorización privada, lo cual es un patrón insostenible en términos de congestionamiento vial y agente contaminante en la ZMG.
14. Una Línea TLG-1 repotenciada y con la infraestructura adecuada para incorporar un mayor nivel de demanda puede llegar a coadyuvar en solucionar las problemáticas sistémicas que enfrenta la ZMG en materia de movilidad.

## 1.2. Descripción de las Características del Proyecto

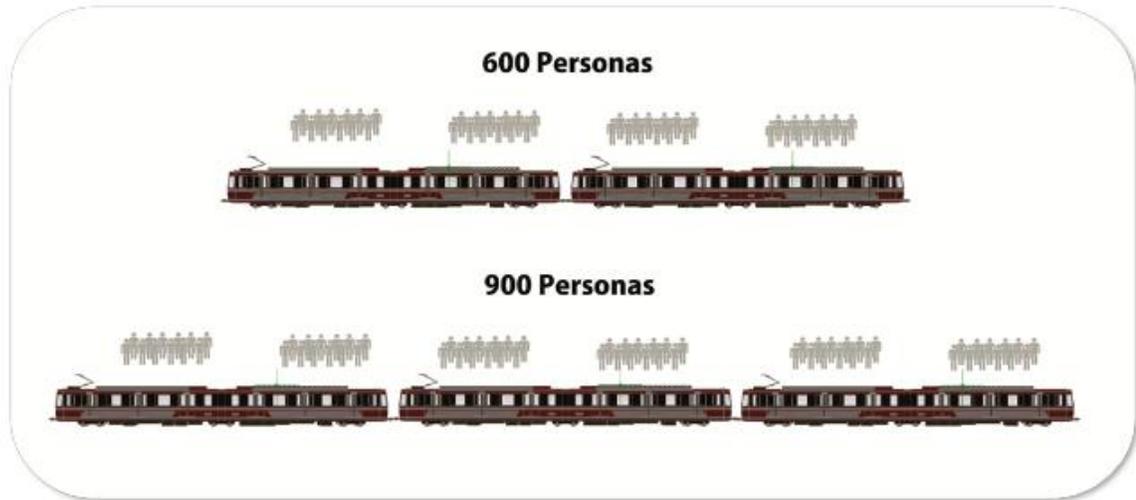
15. Como solución a la problemática actual del transporte público se propone la implantación de un proyecto encaminado a modernizar e incrementar la capacidad operativa de la línea TLG-1. Este eje de movilidad migraría de un corredor troncal con alimentación natural hacia un sistema tronco-alimentador. La implementación del proyecto pretende lograr un sistema integrado de transporte público, vinculado a la reestructuración de rutas alimentadoras, de manera que se utilice esta

troncal - Tren ligero- como eje transversal de la movilidad en la ZMG. Además permitirá que la infraestructura actualmente sub utilizada alcance un nivel óptimo de operatividad.

16. Las adecuaciones al corredor propuesto del tren ligero pretende incrementar su longitud de 15.5 km por sentido a 16.5 km, mediante la extensión en la parte norte.
17. El proyecto incluye lo relativo a la obras civiles para la ampliación y mejora de la infraestructura de las 18 estaciones y la terminal Periférico Sur, así como la construcción de una nueva terminal, denominada "Terminal Norte", la cual además de contar con las condiciones para realizar maniobras de trenes y embarque/ desembarque, también se integrara con una terminal de transferencia para la interacción con los buses alimentadores. El proyecto a su vez incluye la modernización y la ampliación de la capacidad de la infraestructura de la Línea TLG-1 en diversas acciones como suministro de energía y catenarias, suministro de controles de tren, telecomunicaciones, así como obras indirectas.
18. El proyecto incluye la incorporación de trenes nuevos de configuración triple, así como también incluye en el proceso de "Situación Optimizada" la repotenciación de los 24 carros actualmente en operación *-modelo 1989-*.
19. La implantación del proyecto permitirá flexibilizar y ampliar la oferta del TEU, con la intención de atender la demanda actual *-misma que se encuentra rebasada-* de manera eficiente y sobretodo establecer las bases para consolidar un crecimiento de la demanda de la troncal mejorando la calidad del servicio en el corredor de movilidad.
20. La demanda en el corredor planteado para el tren ligero está compuesta por los usuarios que en la actualidad utilizan el corredor *-135,600 en día promedio e incluyen transferencia con Línea TLG-2 -* y así mismo se incorporan aquellos usuarios que por la insuficiencia de la oferta actual de la troncal fueron indirectamente expulsados de la troncal ferroviaria hacia otros modos de transporte con características de menor velocidad y menor eficiencia *-estimados de acuerdo a la modelación en 29,832 -*. Las características del servicio y alto nivel aprobatorio de la operación, así como el reducido nivel de siniestralidad del TEU son acciones enmarcadas en una política pública la cual pretende incentivar un uso mayor del transporte público.
21. Con la implantación de las medidas de modernización y ampliación de la capacidad del corredor del tren ligero propuesto se optimizará la operación del sistema de transporte público, mejorando la calidad del servicio y los tiempos de viaje, al incrementarse la velocidad promedio sobre el corredor troncal a 40 km/h *-actualmente en 26.00 Km/h en incrementada a 27.50 Kh/h como resultado de las medidas de optimización-*.
22. Para satisfacer la demanda, circularán por la Línea TLG-1 un total de 33 carros trenes con una capacidad de 300 pasajeros por carro *-24 carros actuales aunados a 9 carros nuevos-* los cuales podrán contar con configuraciones triples, lo cual permitirá aumentar la capacidad de usuarios en hora/sentido de 7,200 a 9,900.

Ilustración 5 Capacidad del sistema

## Aumentar la capacidad del sistema de 7,200 a 9,900 usuarios hora/sentido



14

23. De los beneficios que brindará el proyecto a la ciudad, se incluyen en la evaluación los ahorros por costos de operación eléctrica y ahorro en tiempos de viaje de los usuarios.
24. De acuerdo a las estimaciones de la evaluación del proyecto, en el 2015 se generarían ahorros en costos operativos (Exclusivamente consumo eléctrico) por Mx 9.02 millones de pesos y Mx 16.1 millones de pesos en el año 2043. En tanto que en el año 2015 se generarían ahorros por reducción de tiempo de viaje por Mx 205.7 millones de pesos y Mx 425.4 millones de pesos en el año 2043.

**Tabla 1 Ahorro en costo de operación transporte público para el tren ligero de ZMG**

| Beneficios Operativos |             |              |            |
|-----------------------|-------------|--------------|------------|
|                       | Optimizada  | Con Proyecto | Ahorro     |
| 2015                  | 75,202,848  | 66,178,506   | 9,024,342  |
| 2043                  | 134,572,111 | 118,423,458  | 16,148,653 |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 2 Ahorro de tiempo de viaje en transporte público para la línea de tren ligero de la ZMG**

| Beneficios Tiempo |                 |              |             |
|-------------------|-----------------|--------------|-------------|
|                   | Optimizada      | Con Proyecto | Ahorro      |
| 2015              | 507,408,007.7   | 301,661,159  | 205,746,849 |
| 2043              | 1,049,142,178.1 | 623,729,701  | 425,412,477 |

Fuente: elaborado por Rehovot

25. El objetivo específico del proyecto consiste en reducir los altos Costos Generalizados de Viaje –*COV y Tiempo*-, así como las deficiencias de movilidad que esta problemática conlleva como reducción del poder adquisitivo de los usuarios, reducción de emisiones de gases efecto invernadero, incentivo a la expansión del transporte motorizado privado, esto a través de la implantación de un modelo el cual permita eficientar la infraestructura actual de la Línea TLG-1.

Las principales metas establecidos en el alcance del “Proyecto” de definen a continuación:

15

- Priorizar el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) sin menoscabo del transporte motorizado privado.
  - Eficientar el modelo de transporte público mediante una solución que logre reducir el tiempo de traslado de los usuarios.
  - Optimizar el parque vehicular a los distintos horarios de la demanda, alcanzar economías de escala operativas, mediante incrementos de IPK's.
  - Alinear los incentivos hacia la mejora del servicio e incrementar la seguridad vial del transporte público.
  - Ampliar la capacidad de la oferta de la actual Línea TLG-1.
  - Reducir los costos generalizados de viaje de la troncal de movilidad, tanto de los usuarios del Tren Ligero como de aquellos pasajeros que son expulsados del sistema como consecuencia a una restricción de la oferta.
  - Adecuar la oferta de transporte público en función al estudio de Encuesta de Origen –Destino.
  - Ofrecer un servicio de transporte masivo seguro, competitivo y eficiente que mejore el bienestar social de los habitantes de la Zona Metropolitana de Guadalajara.
  - Ahorrar en tiempo de transporte a los usuarios.
  - Contribuir con la solución al congestionamiento vial, de la contaminación ambiental y del excesivo consumo de energéticos, además de coadyuvar en la planeación ordenada del desarrollo urbano de la ZMG.
26. Como respuesta a esta situación se plantea construir un sistema de transporte público masivo que sirva como alternativa segura y eficiente de viaje para los habitantes de la ZMG. Para tal efecto y como parte del sistema de sistemas tronco-alimentador se plantea desarrollar el proyecto del denominado “Ampliación de la Línea de Tren Eléctrico Urbano –SITEUR TLG-1.

### 1.3. Evaluación

27. La metodología empleada para el Análisis Costo-Beneficio del tren ligero de la ZMG se basa en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” de la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UI-SHCP) del 27 de Abril 2012, que considera los costos y beneficios directos e indirectos que los proyectos generan para la sociedad.
28. Los costos considerados en la evaluación del proyecto de la línea 1 de tren ligero de la ZMG son:

- Costo total de inversión “Adicional”
- Costos de operación y mantenimiento.

29. La inversión necesaria para el proyecto asciende a Mx 1, 203 millones del 2013 y 2014, sin incluir Impuesto al Valor Agregado (IVA). A continuación se detalla una tabla en la cual se explica la estructura de financiamiento del proyecto de acuerdo tanto a la asignación como a la fuente de pago.

| COMPONENTE                                     | TOTAL                | RECURSOS PÚBLICOS  |                    |                    | RECURSOS PRIVADOS                |                    |
|--|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|  |                      | APOYO FONADIN      | ESTATAL            | TOTAL PÚBLICO      | CONCESIÓN/PPS DE INFRAESTRUCTURA | TOTAL PRIVADOS     |
| <b>1. INFRAESTRUCTURA</b>                      |                      |                    |                    |                    |                                  |                    |
| 1.1 OBRA CIVIL ESTACIONES                      | 261,000,000          | 78,300,000         | 182,700,000        | 261,000,000        |                                  | -                  |
| 1.2. SUMINISTRO DE ENERGÍA Y CANTERIA          | 43,000,000           | 30,100,000         | 12,900,000         | 43,000,000         |                                  |                    |
| 1.3. SUMINISTRO CONTROL DE TRENES              | 317,000,000          | 221,900,000        | 95,100,000         | 317,000,000        |                                  |                    |
| 1.4. TELECOMUNICACIONES                        | 117,000,000          |                    |                    |                    | 117,000,000                      | 117,000,000        |
| 1.5. OBRAS INDUCIDAS E INDIRECTOS              | 150,000,000          | 90,000,000         | 60,000,000         | 150,000,000        |                                  |                    |
| <b>2. MATERIAL RODANTE</b>                     |                      |                    |                    |                    |                                  |                    |
| 2.1 TRENES TIPO METRO LIGERO CON RODADO FÉRREO | 315,000,000          |                    |                    |                    | 315,000,000                      | 315,000,000        |
| <b>COSTO DEL TOTAL PROYECTO</b>                | <b>1,203,000,000</b> | <b>420,300,000</b> | <b>350,700,000</b> | <b>771,000,000</b> | <b>432,000,000</b>               | <b>432,000,000</b> |
| <b>PARTICIPACIÓN</b>                           | <b>100%</b>          | <b>34.9%</b>       | <b>29.2%</b>       | <b>64.1%</b>       | <b>35.9%</b>                     | <b>35.9%</b>       |

16

| Otras Fuentes de Financiamiento |                    |                    |                    |             |                      |             |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Monto Planeado / Modificado     | Año                | Fonadin            | Recursos Estatales | Privados    | Otras                | Total       |
|                                 | Años anteriores    | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2008               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2009               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2010               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2011               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2012               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2013               | 186,147,830        | 155,322,494        | 191,329,676 | -                    | 532,800,000 |
|                                 | 2014               | 234,152,170        | 195,377,506        | 240,670,324 | -                    | 670,200,000 |
|                                 | 2015               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2016               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2017               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2018               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>420,300,000</b> | <b>350,700,000</b> | <b>432,000,000</b> | <b>-</b>    | <b>1,203,000,000</b> |             |

30. Se espera que el proyecto sea financiado 35.9% con recursos privados y 64.1% con recursos públicos. Los recursos federales solicitados (Mx 420.3 millones) se emplearán exclusivamente en la infraestructura del proyecto; las obras adicionales serán financiadas por el gobierno estatal de Jalisco. Los recursos privados serán empleados en la adquisición de flota y la infraestructura de estaciones.

31. Los beneficios cuantificados para la evaluación son:

- Ahorros en costos de operación eléctrica (COE) del TEU.
- Ahorros en tiempos de viaje de los usuarios (TV) del transporte público y Ten Ligero.

32. Para determinar la conveniencia del “proyecto” se realizó el cálculo de los indicadores de rentabilidad socioeconómica a un horizonte de evaluación de 30 años. Este proceso se realizó mediante la monetización de los costos y beneficios sociales del “proyecto” para un horizonte de 30 años y con un costo económico de oportunidad del 12%. Los resultados de la evaluación costo-beneficio para la TLG-1 resultan satisfactorios. La Tasa Interna de Retorno Social -TIRS- alcanza el 15.64%, la cual es superior a la tasa de descuento utilizada del 12%, mientras que los beneficios sociales a una tasa de descuento del 12% ascienden MxP 383.7 millones.

**Tabla 3 Indicadores de rentabilidad para la línea 1 del tren ligero de la ZMG**

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Valor Presente de Costo</b>                        | <b>- 1,523,627,845</b> |
| <b>Costos Inversión Infraestructura</b>               | - 849,942,857          |
| <b>Costo Materiales y Suministros Capitulo 2000</b>   | - 75,504,933           |
| <b>Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capitulo 5000</b> | - 38,328,181           |
| <b>Costos Equipo Rodante Troncal</b>                  | - 427,497,189          |
| <b>Costos Mantenimiento</b>                           | - 132,354,684          |
| <b>Valores Presente de los Beneficios</b>             | <b>1,907,376,579</b>   |
| <b>Ahorros Tiempos</b>                                | 1,831,547,082          |
| <b>Ahorro Operación</b>                               | 75,829,498             |
| <b>Valor Presente Neto Social</b>                     | <b>383,748,735</b>     |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social</b>                 | <b>15.64%</b>          |
| <b>Relación Beneficio/Costo</b>                       | <b>1.33</b>            |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social Inmediato</b>       | <b>14.26%</b>          |

Fuente: elaborado por Rehovot

#### 1.4. Conclusiones y recomendaciones

33. Los beneficios del proyecto contribuyen sustancialmente a resolver significativamente la problemática observada en la Troncal “Periférico Sur- Federalismo -Periférico Norte”, también denominada Línea TLG-1. La implementación de las alternativas optimizadas no necesariamente generan un solución integral al problema de la movilidad, no obstante estas medidas contribuyen a incrementar marginalmente los tiempos de traslados. En consecuencia con la problemática de saturación de la oferta registrada en la situación actual y esto provoca un nivel de migración modal hacia buses convencionales con menor eficiencia operativa en comparación al TEU. Por lo tanto, el proyecto propuesto además de generar la rentabilidad social deseada es la opción más adecuada para implementar tanto en el contexto de las optimizaciones como también de las alternativas analizadas.

## ii. Situación Actual del Programa o Proyecto de Inversión

### a) Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto.

34. La Línea 1 del Sistema de Tren Ligerio Guadalajara (TLG-1) fue inaugurada el primero de Septiembre de 1989 con una extensión de 15.5 km de longitud y con una configuración de 19 estaciones, 12 superficiales y 7 subterráneas. Desde el inicio de operación la TLG-1 ha operado con los mismos 24 carros, con una configuración de 12 trenes dobles.
35. La Línea 1 –*TLG-1*- mantiene la misma oferta de trenes (12 trenes dobles) a pesar que el patrón de demanda se ha modificado en los últimos 20 años –*desde 1989*-, algunas de las consecuencias del desbalance entre oferta y demanda son las siguientes: (i) Los trenes operaran a una capacidad mayor que la capacidad de diseño con 300 personas/6m<sup>2</sup>, esto supone un desgaste mayor de los sistema de tracción, frenado y boogies, lo cual implica una reducción de la vida útil de los trenes, así como un aumento en el costo operativo. (ii) Los trenes actuales operan con un IPK superior a 8.5, lo cual supone un detrimento en la calidad y comodidad del usuario, así como un aumento del tiempo de recorrido, ya que los usuarios deben esperar uno o dos trenes –*sobre todo en hora punta*- por congestiónamiento. (iii) La infraestructura esta subutilizada en el sentido que el sistema opera meramente como una línea troncal y no como un sistema tronco-alimentador, bajo las condiciones actuales de la oferta de trenes resulta inoperante la posibilidad de incorporar un diseño de líneas de buses de alimentación para incrementar la demanda. (iv) Los puntos extremos de la “L1” en Periférico Norte y Periférico Sur no son más atractores de movilidad, ya que la mancha urbana se ha extendido más allá del Periférico, lo cual supone que los usuarios deben de pagar un transbordo para alcanzar su destino, además este sitio de transferencia se realiza en pleno Periférico, lo cual supone un punto sumamente conflictivo y con alto riesgo de siniestralidad.
36. La TLG-1 ha sido operada desde su inicio por un organismo público descentralizado denominado Sistema de Tren Eléctrico Urbano –*SITEUR*-. El propio organismo operador ha cubierto la totalidad de erogaciones operativas, mediante el uso de los ingresos operativos del propio tren (Tarifa y publicidad), registrando superávits operativos marginales. La tarifa actual de la TLG-1 asciende a Mx 6.00, la cual es la misma con la que operan los buses convencionales, no obstante la diferencia de costo operativo y de capital.
37. No obstante que el SITEUR opera con “numero negros” así como también con una alta eficiencia operativa, las restricciones presupuestales del organismo han inhibido el implementar acciones necesarias para actualizar y modernizar la infraestructura del TLG-1, así como también para adquirir trenes adicionales.
38. Las condiciones operativas actuales registran una plataforma de infraestructura diseñada hace más de veinte años, por lo que los sistemas no han incorporado los avances tecnológicos en materia de seguridad, eficiencia y automatización.
39. La oferta de trenes se ha mantenido constante, no obstante los niveles de demanda se han incrementado en tasas de crecimiento anual promedio superiores al 3.5%. Esta situación ha originado un detrimento de los niveles de servicio con incrementos de IPK’s a niveles no

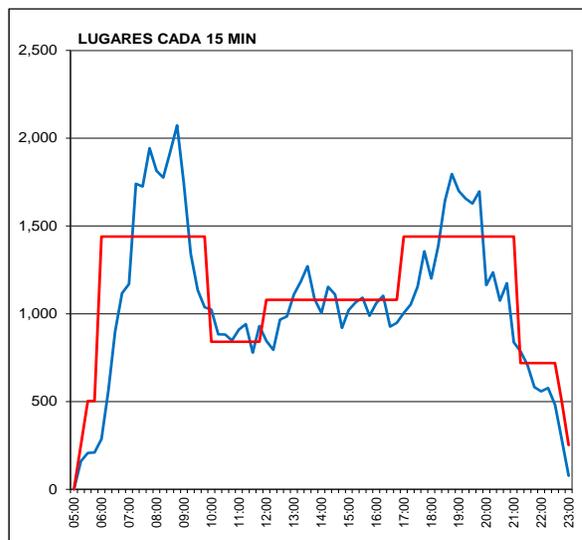
sostenibles, al grado que en horas pico los usuarios deben de esperar un segundo tren, lo que implica aumentar el nivel real de frecuencia de 5.15 minutos a 10.30 minutos. El nivel de demanda ha venido incrementando pero el nivel de oferta de trenes se ha mantenido estático desde hace más de 20 años, lo cual provoca que la TLG-1 alcance un punto de saturación operativa y que pasajeros con motivación de viajar en el tren realicen el derrotero paralelo por buses convencionales.

40. La incapacidad de la TLG-1 para incorporar a un mayor número de usuarios provoca que los pasajeros rechazados por el sistema busquen satisfacer sus necesidades de movilidad con modos de transporte con bajos niveles de capacidad y con bajos Índices de Pasajeros por Kilómetro –IPK-, como los buses convencionales, los cuales registran mayores costos operativos per cápita que los registrados por el tren y requieren un mayor tiempo en el recorrido promedio del pasajero para alcanzar su destino de viaje, ya que el tren registra velocidades superiores a los 26 km/h, mientras que los buses inferiores a 15 km/h. la expansión de la demanda en buses convencionales por insuficiencia de capacidad del tren provoca un mayor uso de la carpeta asfáltica de los buses lo cual reduce las velocidades crucero del transporte motorizado en general, aumentando la congestión vehicular con efectos negativos como aumento de tiempo de traslado de los usuarios y aumento de emisiones de gases efecto invernadero –GEI-.

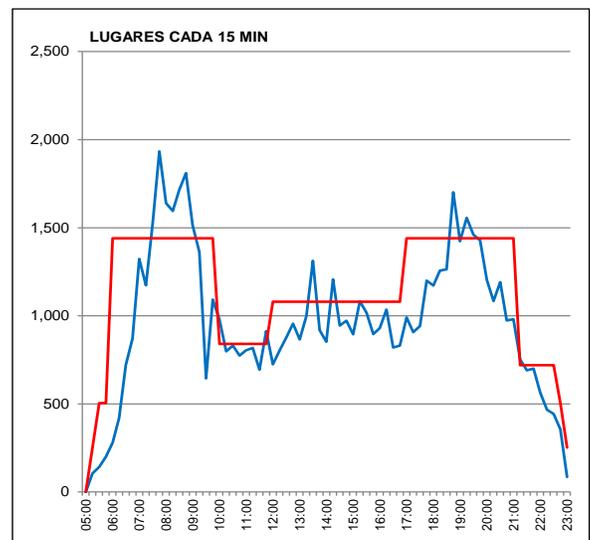
Ilustración 6 Oferta y Demanda de Pasajeros Línea 1 - Ambos Sentido

## Oferta y demanda

### Sur -Norte



### Norte - Sur



— Demanda  
— Oferta práctica 5 pas/m<sup>2</sup>

Fuente: FIDEUR

41. La ausencia de un balance entre la oferta de trenes con una demanda creciente de pasajeros, como consecuencia a un estancamiento en el número de trenes por más de 20 años ha provocado que el diseño operacional de la TLG-1 desde su inicio se mantenga como un “sistema troncal exclusivo” es

decir que esta línea de movilidad masiva no ha migrado hacia un “sistema tronco-alimentador”. La saturación del sistema ha inhibido la posibilidad de re-direccionar rutas actuales o bien crear rutas de alimentación exclusivas para el TLG-1, lo cual supone una sub utilización de la infraestructura ferroviaria.

42. Los 24 carros -12 trenes- son modelo 88 con más de 20 años de servicio prácticamente ininterrumpido. El tema de carrocerías y boogies no necesariamente puede considerarse como una tecnología obsoleta, sin embargo el tema de las tracciones denota un nivel de rezago tecnológico. Las tracciones asíncronas constituyen una problemática en materia de eficiencia energética, ya que no cuentan con sistemas regenerativos en los proceso de frenado, mientras que el grado de antigüedad dificulta y encarece la obtención de refacciones, cuando la mayoría de las tracciones de este tipo de modo de transporte ha migrado hacia tecnología IgBt.
43. La ausencia de nuevos trenes para contrarrestar la creciente demanda ha creado una sobre saturación de los niveles de uso de los 12 trenes De la TLG-1, por lo que gran parte de las horas operación diaria los carros transportan un mayor volumen de pasajeros que la capacidad de diseño, superando los 300 pasajeros por carro con volúmenes por arriba de 6 m<sup>2</sup> por persona. Esta situación implica un mayor desgaste de boogies y chasis, lo que resulta en un aumento de los costos operativos del tren.

**Ilustración 7 Estación Tren Ligero Periférico Norte**



44. El diseño de estaciones se realizó para una estimación de la demanda vigente en 1989, por lo cual la plataforma de ascensos y descensos registra una longitud de solo 60 metros, está diseñado para trenes de configuración no mayor a dos carros. Este diseño de estaciones imposibilita la adopción de una configuración para trenes triples de 90 metros, los cuales puedan incrementar el nivel de velocidad y frecuencia real para la TLG-1.
45. El sistema eléctrico de la Línea registra un diseño realizado hace más de 20 años, para una operación máxima de 24 carros. La situación actual del sistema imposibilita la incorporación de un mayor número de trenes, ya que el sistema colapsaría. Para lograr incorporar un mayor número de trenes resulta necesario realizar un proceso de repotenciación mayor de la red eléctrica. Adicionalmente, el diseño de la red, así como los equipos que la integran no son de última

generación tecnológica, lo cual implica una disminución de la eficiencia energética como también de la seguridad de operación.

46. En 1988, fecha en el cual se realizó el diseño operacional de la TLG-1, la mancha urbana no sobrepasaba la intersección con el Periférico Sur, por lo cual el último tramo de la troncal se caracterizaba por una zona semi-poblada con grandes superficies de baldíos. En la parte norte de la troncal, no se contaba aun con una consolidación urbana y la intersección de la vialidades Federalismo y Periférico mantenía un nivel de servicio “B” –Circulación estable a altas velocidades con pequeñas demoras en ciertos tramos sin llegar a formar filas de vehículos-, sin embargo actualmente ambos extremos de la troncal ferroviaria se encuentran altamente pobladas y con intersecciones viales con niveles de servicios inferiores a nivel “E” –Velocidades reducidas uniformes para todos los vehículos del orden de 40-50 Km/h. El cambio de tendencia poblacional y de aforo vehicular inhibe la posibilidad de que las terminales de los extremos norte y sur de la TLG-1 puedan contar con una infraestructura para la transferencia de buses alimentadores al sistema troncal, de manera segura y eficaz. Bajo estas circunstancias, hoy en día la actual ubicación y dimensiones de las terminales Periférico Norte y Periférico Sur inhibirían la creación de una estación de transferencia para buses de alimentación, por lo cual la restricción física no podría consolidar al sistema como un “Tronco-Alimentador”

Ilustración 8 Plano de Guadalajara 1988

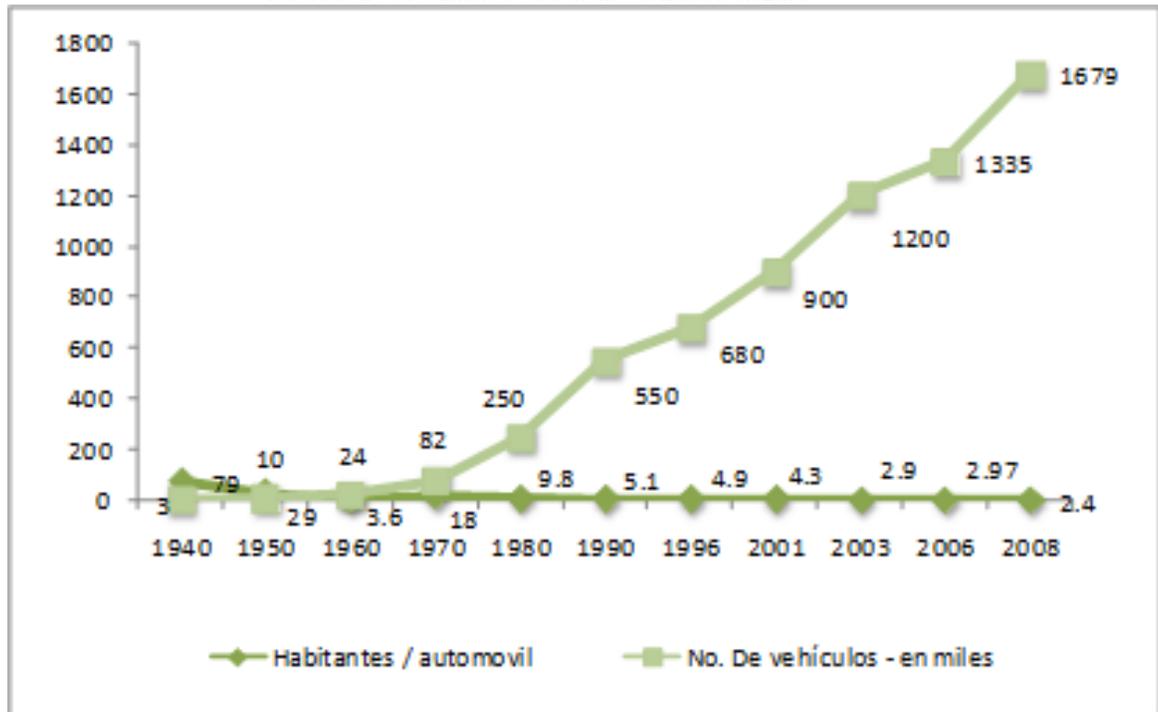


47. El problema de obsolescencia y restricción de la capacidad de la TLG-1 se registra bajo un contexto en el cual el transporte urbano se ha convertido en uno de los principales retos a resolver en la Zona Metropolitana de Guadalajara –ZMG-. El crecimiento de la población y de la mancha urbana en estas ciudades, asociado a una acelerada motorización, con un uso excesivo de los automóviles particulares, especialmente en horas pico, combinado con un transporte público ineficiente, de mala calidad, desarticulado, pulverizado (Hombre-camión) desorganizado, está generando un problema de movilidad urbana insostenible.
48. La tendencia inercial del modelo de transporte colectivo –al cual actualmente se está expulsado la demanda no atendida por el tren- en la ZMG ha generado una problemática de ineficiencia, la cual tiene una serie de repercusiones directas en la calidad del servicio brindado a los usuarios, el congestionamiento del piso vial, las mermas en los ingresos del sistema, aumento en las emisiones contaminantes y el aumento costo por kilómetro. El modelo vigente de *hombre-camión* plantea una

serie de problemáticas vinculadas con la ausencia de incentivos ligados al ingreso hacia la calidad del servicio y el cumplimiento de estándares operativos. La estructura de transporte público registra un modelo atomizado y con rutas sobrepuestas lo cual genera “*índices de Pasajeros por Kilómetro*” –IPK- inferiores a 2, así como una incapacidad del modelo para ajustar la oferta a los requerimientos de la demanda en los distintos escenarios del día. La ciudad presenta un alto grado de accidentes de tráfico y muertes ocasionadas por imprudencias viales. Para 2008, el transporte colectivo registró 34 muertes provocadas por accidentes de transporte público, 1,118 heridos y 574 colisiones viales. Adicionalmente, cualquier ineficiencia operativa de los transportistas se compensa con aumentos a la tarifa, sin que el modelo registre incentivos a la búsqueda de mayor eficiencia operativa. Los aumentos de tarifa no se traducen en mayor calidad y seguridad para el usuario.

49. Las restricciones financieras para invertir los recursos necesarios en repotenciar la Línea TLG-1 han provocado que, por una parte la urbe cuenta con una infraestructura subutilizada de transporte masivo seguro, rápido y eficiente como lo es el tren, pero que la combinación de obsolescencia y saturación de este modo imposibilita la incorporación de un mayor número de usuarios, los cuales tiene que ser atendidos bajo un modo de transporte de buses convencionales, caracterizados por menor velocidad, mayores costos operativos y menor eficiencia operativa en términos de Índice de Pasajeros por Kilómetro –IPK-.
50. La incapacidad de incorporar una mayor cantidad de usuarios al servicio de la Línea TLG-1 es una de las causas que obliga a ciertos usuarios a migrar de transporte público a vehículos motorizados privados, para satisfacer sus requerimientos de movilidad. La ZMG registra uno de los mayores índices de motorización privada en el contexto Latinoamericano. En el año 1950, el número de autos particulares registrados en la Zona Conurbada de Guadalajara ascendía a 10,000. En 1970 la cifra se estimaba en 82,000 vehículos en circulación. Para el año 2000 la Secretaría de Finanzas registró 754,000 unidades, lo cual es equivalente a 4.3 habitantes por unidad, mientras que en el año 2007 los vehículos motorizados privados alcanzaron los 1'426,027 vehículos, mientras que para ese mismo año la población registro 3'458, 667 habitantes, lo cual resulta en un índice de 2.4 habitante/unidad motorizada. La movilidad motorizada registra el 27% del total, sin embargo la infraestructura asociada a vehículos privados concentra el 78% de la inversión en obra pública en el estado –*Siembra calles y cosecharas automóviles-*,

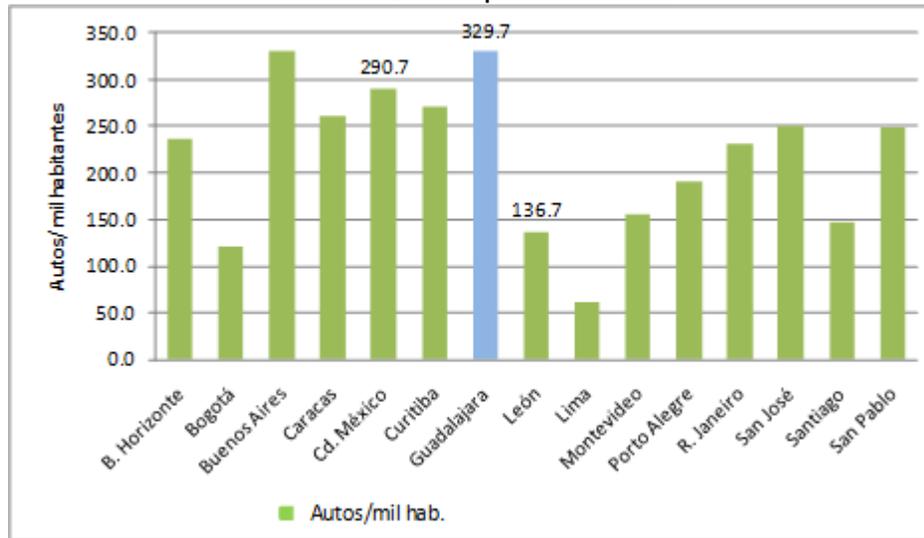
Ilustración 9 Crecimiento tasa de motorización en ZMG



Fuente: Secretaría de Vialidad Gob. Jalisco

51. Las principales causas del este vertiginoso crecimiento del índice de motorización en la ZCG son las siguientes: (i) Un deficiente sistema de transporte público, el cual no genera condiciones para incentivar al ciudadano común para optar por los sistemas masivos en vez de los vehículos motorizados privados, (ii) Una política pública en materia de infraestructura vial, la cual se basa en alcanzar la demanda a través de mayor oferta de infraestructura vial, como pasos a desnivel. La movilidad motorizada representa el 27% del total de los modos de transporte, sin embargo la infraestructura asociada concentra el 78% de la inversión en obra pública en el estado, (iii) La baja densidad de la zona centro que apenas alcanza 80 habitantes por hectárea, (iv) Los altos costos inmobiliarios en la zona centro motivan la expulsión del desarrollo de la vivienda hacia la periferia, este fenómeno está acompañado por una desordenada planeación urbana, así como la falta de coordinación en el desarrollo de vivienda e infraestructura de los municipios que comprenden la ZMG, (v) El móvil aspiracional de vincular el desarrollo económico individual o familiar con la propiedad de un vehículo motorizado privado, (vi) La disminución de tasa de interés, mismas que propiciaron un incremento de la expansión crediticia para financiar bienes automotrices, (vii) saturación del sistema de tren eléctrico, lo cual imposibilita la migración de medios motorizados privados un modo de transporte masivo con alta percepción de calidad de servicio por la ciudadanía. De acuerdo al CTS la ZMG registra unos de los mayores niveles de motorización privada per cápita en el contexto de las ciudades Latinoamericanas.

Ilustración 10 Autos por mil habitantes



Fuente: Centro de Transporte Sustentable –CTS-.

52. Los efectos causados por la problemática relacionada con el incremento de la tasa de motorización privada se identifican continuación:

- Emisiones al medio ambiente.** En los últimos 5 años el nivel promedio de contaminación del aire en la ZMG se ha mantenido por arriba de los 100 puntos IMECA, nivel considerado no satisfactorio. Esto significa una alta concentración de partículas contaminantes suspendidas en la atmósfera altamente nociva para la salud humana y el ecosistema. Los principales generadores de estas partículas son los vehículos de combustión interna. El consumo de gasolina y diesel producen monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxido de nitrógeno (NO) y bióxido de azufre, entre otros contaminantes responsables de afecciones que van desde irritación nasal y bronquitis crónica hasta edema pulmonar, depresión del sistema inmunológico y tumores cancerígenos. Las autoridades de la Secretaria Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco (SEMADES) determinaron que del total de emisiones contaminantes anuales (1'389,047 ton) las fuentes móviles (vehículos motorizados) fueron las que expulsaron la mayor cantidad de contaminantes, muy por encima de las fuentes fijas (industrias). Según el reporte **los automóviles (transporte privado) produjeron el 88% de los contaminantes**, contra el 12% del transporte público. Si se considera el número de viajes persona por cada modo de transporte, el automóvil particular produce 15 veces más contaminantes que un autobús urbano. Este tipo de emisiones son causante de los efectos de Gases Efecto Invernadero (*GEI*) responsables mayormente del cambio climático.
- Congestionamientos viales.-** Dado su carácter crónico, el congestionamiento vial es uno de los problemas más evidentes relacionados con el incremento de la tasa de motorización privada. Los factores principales que generan los congestionamientos viales en la ZMG tienen que ver con el alto número de autos particulares que circulan en ella, así como con la saturación de rutas de unidades del transporte público cuya convergencia es un mismo punto, rebasando la demanda de usuarios y la gran cantidad de personas en tránsito casa-trabajo-casa que coinciden en tiempo y espacio, por la actual organización de las jornadas laborales, establecidas en forma genérica.

- **Contaminación auditiva.-** Esta problemática se define como la producción de ruidos no deseados que se lanzan al aire y ponen en riesgo la salud humana, ya que afecta de manera considerable la salud mental y fisiológica de las personas. Los efectos de esta problemática van desde la disminución o pérdida de la capacidad auditiva, hasta enfermedades físicas y psicológicas que afectan el equilibrio, el sistema nervioso, el sueño y, por supuesto, con repercusiones en el rendimiento laboral. En la Zona Metropolitana de Guadalajara se han detectado niveles de contaminación auditiva por encima de lo considerado permisible (60 decibeles), incluso arriba de lo que podría tomarse como amenaza para la salud (90 decibeles). En un estudio realizado por la Universidad de Guadalajara (CUCBA, 1998), se detectaron algunos puntos en el centro de la ciudad con niveles mayores a 90 decibeles promedio por día (16 de septiembre-Juárez con 92.5 Calzada Independencia-Tenerías con 92.5). Los daños que el ruido excesivo del tráfico vehicular produce al organismo, se ha comprobado que la exposición prolongada a sonidos de más de 90 decibeles provoca irritabilidad, daña las células auditivas, eleva la presión arterial, entre otros efectos. La concentración de contaminantes auditivos y atmosféricos durante periodos prolongados de exposición es un factor de riesgo para la salud humana.
53. En la ZMG estos conflictos se presentan actualmente, por lo que es necesario implementar soluciones de largo plazo, en beneficio de sus habitantes.

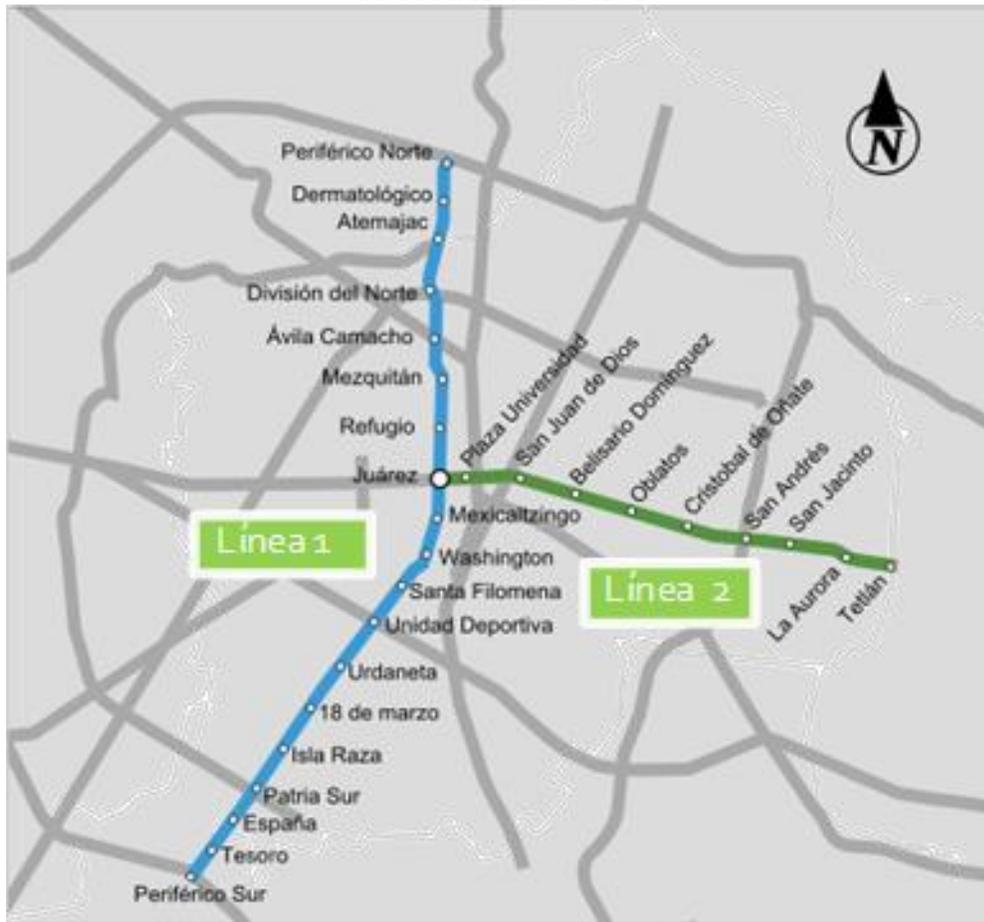
**b) Análisis de la Oferta:**

54. El alcance del proyecto se limita exclusivamente a la troncal denominada línea TLG-1, por lo tanto el alcance del diagnóstico de la oferta se limitara a las condiciones físicas de la troncal, así como el material rodante compuesto en su totalidad por trenes. La troncal de movilidad no registra un diseño de buses alimentadores. Para realizar el diagnóstico de la situación actual es necesario caracterizar la oferta exclusiva en la troncal del tren eléctrico de Línea 1.

Estructura físico – funcional

55. La troncal denominada TLG-1 registra un sistema de transporte masivo con modalidad de tren eléctrico, el cual esta operada por SITEUR –*esta OPD opera 2 Líneas de Tren Ligero y 1 ruta Alimentadora especial llamado Pre-Tren*-. El derrotero de la Línea TLG-1 intersecta a los municipios de Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque.
56. La troncal registra una longitud de 15.5 km en sentido Norte-Sur de la mancha urbana, sobre el derrotero de la vialidad Av. Federalismo-Colon. La longitud en tramo en túnel registra 6.6 Km y en superficie 8.9 Km.
57. La Línea 1 cuenta con 19 estaciones con una plataforma de 3 m. de ancho por 60 m. de largo, de las cuales 12 son superficiales y 7 subterráneas, con una distancia aproximada entre estaciones de 850 m.

Ilustración 11 Plano de TLG-1



26

Flota vehicular

58. La flota del sistema de transporte de la ZMG está constituida por 24 carros con una configuración de 12 trenes dobles, 18 carros modelo 1988 y 6 carros modelo 1992. El diseño operacional de los carros registra piso alto *-1.05 m. de altura del hongo al piso-*. Estas unidades están diseñadas para operar en ciudades con alta capacidad demanda. El acceso se realiza desde un andén de la estación, lo que facilita el abordaje a los pasajeros.

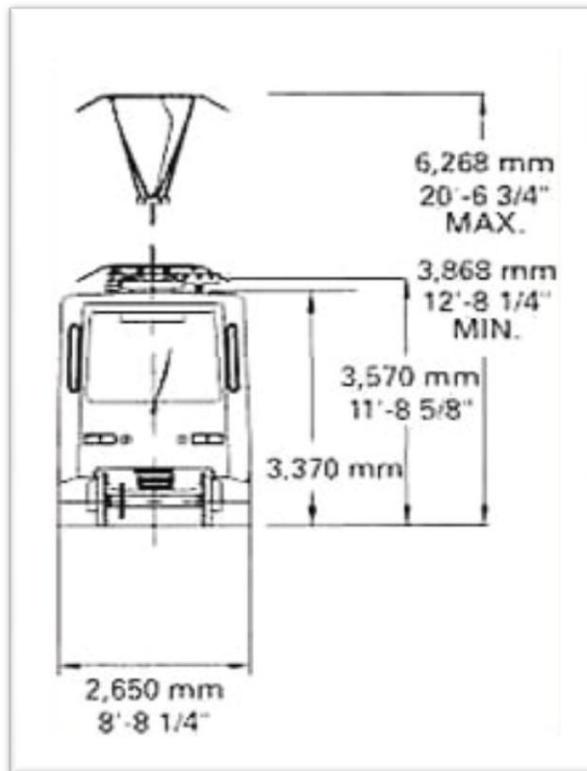
59. Los equipos registran sistemas de tracción-frenado, convertidor estático de auxiliares, batería, grupo motocompresor, equipo electrónico de control, entre otros, los cuales están colocados por debajo el bastidor del carro. Debido a que no existe una restricción de espacio, los bogies son de dimensiones convencionales, lo que permite el acceso a las labores de mantenimiento a cualquier nivel.

Características Técnicas de la Infraestructura

- Tramo total de vía en dos sentidos: 15.5 km
- Tramo de vía subterráneas: 6.6 km

- Tramo de vía superficial: 8.9 km
- Longitud de andén: 60 m
- Ancho de andén : 3 m
- Longitud entre estaciones: 850 m
- Tiempo de recorrido (un sentido) 31.5 min
- Cruces vehiculares 11 barreras
- Capacidad de estación 2 carros.
- Numero de subestaciones. 11

Características Técnicas Material Rodante





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

### Capacidad y Funcionamiento del Material Rodante



Pasajeros sentados 50  
Pasajeros de pie 250  
Total de pasajeros 300

Velocidad máxima comercial 26 km/h.  
Velocidad máxima de servicio 70 km/h.  
Aceleración máxima 1.0 m/seg<sup>2</sup>  
Desaceleración de servicio ( a ¾ 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

## Dimensiones y Pesos Material Rodante



Longitud del tren 29.560 m  
 Longitud 28.200 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  
 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  $\phi$   
 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

29

### c) Análisis de la demanda Actual

60. La estimación de la demanda en la "Situación Actual" *-sin proyecto-* de la Línea TLG-1 tiene como sustento lo siguientes estudios: (i) Encuesta de origen y destino, (ii) encuestas de preferencias declaradas, (iii) análisis de polígonos de carga, (iv) análisis de modelación de la demanda con alimentación y (v) Evidencia empírica de demanda real de la Línea TLG-1. El análisis de la demanda permitió estimar el número de pasajeros que son transportados por la troncal denominada "Línea TLG-1" en día promedio anual, los cuales se definen en 317 días, una vez descontando días festivos y fines de semana.
61. La base de la estimación de la demanda de la troncal "Línea TLG-1" la constituye los trabajos previos de modelación elaborados por el Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte (CEIT), cuyos resultados se sintetizan en la matriz origen destino 2007. Este proceso analítico generó información relevante sobre la red vial y de transporte así como un planteamiento base de los modelos de generación, atracción y distribución de viajes en la troncal. La red vial proporcionada por el CEIT resultó suficiente y con un alto nivel de detalle en lo relativo a la red de transporte público, la cual consta de 263 rutas, las cuales se analizaron con especial énfasis aquellas cuyo derrotero impactaban en la parte sur de la troncal, lo cual representó la revisión de los trazos de 25 rutas. A su vez, los modelos de generación y distribución de viajes fueron conceptualizados adecuadamente, no así el de elección modal el cual no incluyó la variable relacionada con el costo monetario del viaje. Por ende, se procedió a la realización de las adecuaciones pertinentes para la inclusión de esta variable. Finalmente, el modelo de asignación fue implementado de manera adecuada a excepción hecha de que considera que cada modo de transporte (carga, público y privado) no comparten la misma red de análisis, situación de tuvo que ser ajustado en el análisis.

62. Los atributos tanto de la demanda como los operativos de la red de transporte existentes fueron aquellos proporcionados por el propio CEIT. Estos fueron complementados por los estudios de campo que se llevaron a cabo en la ejecución del presente estudio. A su vez, el Sistema de Transporte Eléctrico Urbano (SITEUR) proporcionó información sobre los polígonos de cargas actuales que se presentan en las líneas 1 y 2 del tren ligero.
63. La actualización del modelo base del CEIT con información de campo permitió incrementar la capacidad del modelo de transporte, de manera que la plataforma de modelación fuese compatible con el software VISUM. El proceso de actualización se realizó de acuerdo a los requerimientos particulares del proyecto, toda vez que la zonificación elaborada por el CEIT implicaba zonas de gran extensión, muy adecuadas para un análisis macro, pero no así para el grado de detalle requerido a nivel estación. Por ello, se realizaron los ajustes pertinentes a la zonificación. Una vez revisado el modelo de CEIT, se procedió a realizar las modificaciones y ajustes necesarios, mismos que se centraron en los siguientes cambios:
- Incrementar el nivel de detalle de la zonificación en la zona sur de la ZMG, pasando de 478 a 534 zonas, con el fin de contar con zonas más pequeñas dentro del área de estudio
  - Actualizar las variables socioeconómicas y ajustarlas a la nueva zonificación
  - Actualizar las matrices para representar la movilidad existente en el año 2009
  - Modificar la red y su conectividad a la nueva zonificación y para incorporar la información recopilada en campo
  - Verificar y actualizar los derroteros de las rutas de transporte público a partir de la información recopilada en campo
  - Actualizar la información de validación del modelo como aforos vehiculares, de pasajeros, velocidades de recorrido y tiempos de recorrido
64. Posteriormente el modelo de estimación de la demanda procedió a realizar una serie de estudios de campo, de tal forma que complementaran y actualizaran los esfuerzos realizados por el CEIT. A continuación se detallan los estudios realizados:
- Levantamiento de los derroteros del sur de la ciudad de Guadalajara *-estimados en 25 rutas que corren de manera paralela con la Línea TLG-1 y que podrían llegar a canibalizar la demanda en caso de un incremento de capacidad de la troncal ferroviaria-* y las rutas restantes de un total de 25 rutas correspondiendo primeramente a las nuevas rutas alimentadoras del Macrobús y finalmente a las rutas que corren paralelas o cruzan las vías del tren.
  - Aforos viales que se realizaron durante seis días (lunes a sábado), las 24 horas del día en seis estaciones maestras, conforme las ubicaciones solicitadas por CEIT.
  - Levantamiento de 33 aforos de frecuencia y carga durante tres días de 16 horas para cada punto definido por el CEIT.
  - Levantamiento de un total de 200 secciones de 1km de tiempos de recorrido y demora con la repartición sugerida de CEIT de realizarlos en 9 vialidades a flujo libre (3 recorridos) y en 25 vialidades en la HMD (5 recorridos), para transporte privado y conforme a la ubicación de vialidades señalada por el CEIT.
  - Levantamiento de ascensos y descensos en 25 rutas, las cuales las determinó el CEIT, siendo éstas las mostradas en la tabla inferior.

Tabla 4 Rutas en las que se realizarán los estudios de ascenso y descenso

| No | Rutas                  | No | Rutas |
|----|------------------------|----|-------|
| 1  | 70 Belisario Dominguez | 14 | 258   |
| 2  | 70 Artesanos           | 15 | 600   |
| 3  | 171                    | 16 | 54-A  |
| 4  | 176                    | 17 | 625   |
| 5  | 176-A                  | 18 | 640   |
| 6  | 176-B                  | 19 | 33    |
| 7  | 186                    | 20 | 37    |
| 8  | 619                    | 21 | 629-A |
| 9  | 644-A Alamo            | 22 | 136-A |
| 10 | 644 -A Km. 13          | 23 | 55    |
| 11 | 02                     | 24 | 330   |
| 12 | 30 Colon               | 25 | 350   |
| 13 | 66                     |    |       |

- Levantamiento de 1,500 encuestas de interceptación en lugares de empleo, así como las de 500 de preferencia declarada para automovilistas y las 1,000 de preferencia declarada a bordo de los autobuses. En la siguiente ilustración (Numero 12) y la siguiente tabla (Tabla 9) se ubican los puntos de interceptación realizados, así como los puntos donde se llevaron a cabo las encuestas de preferencia declarada.

Ilustración 12 Puntos de levantamiento de encuestas de interceptación



Tabla 5 Ubicación de las encuestas

| <b>Parada de autobús</b>                      |  |
|---|--|
| * Mercado de las Juntas                       |  |
| * Periférico y Prolongación Gobernador Curiel |  |
| * Multiplaza del Valle                        |  |
| * Soriana (Santa Fé)                          |  |

| <b>Sitio estratégico</b> |  |                         |
|--------------------------|--|-------------------------|
| Gasolinera               | Av. Adolfo B. Horn Jr. y Juan Manuel Álvarez |                         |
| Estacionamiento          | Multiplaza del Valle                         |                         |
| Estacionamiento          | Soriana (Santa Fé)                           |                         |
| Terminal de transporte   | Ruta 175-A                                   | Municipio de Tlajomulco |
| Terminal de transporte   | Ruta 186-87                                  | Municipio de Tlajomulco |

| <b>Encuestas a bordo de transporte público</b> |         |
|--|---------|
| Ruta   | 175 - A |
| Ruta   | 186     |
| Ruta   | 187     |

65. El proceso analítico incluyó la elaboración de una encuesta de preferencia declarada la cual fue diseñada y aplicada para identificar los patrones de viaje y preferencias de los usuarios potenciales al trazo de la troncal *-sistema de trenes suburbanos-*, que actualmente viajan en transporte convencional *-buses-* entre los distintos municipios de la zona metropolitana de Guadalajara.
66. La encuesta fue realizada directamente al usuario en los lugares de ruta de viajes potenciales al proyecto. Las encuestas dirigidas a usuarios de transporte público fueron realizadas a bordo de las unidades y en puntos de intercambio modal. En el caso de las encuestas dirigidas a automovilistas, se realizaron en los puntos de acceso vehicular a los corredores del tren suburbano. Se buscó que la encuesta reflejara de la manera más adecuada y eficiente la colección de datos que representarían condiciones futuras realistas con el que el usuario pudiera sentirse identificado.
67. La encuesta fue recopilada del 28 de septiembre al 1 de octubre del año 2009 para ambos casos, viajeros en transporte público y transporte privado; se realizó un énfasis en la selección de sitios de encuesta, de tal forma que los sitios tuvieran una alta cantidad de tránsito peatonal, como lo fueron las paradas de autobús, los estacionamientos y las terminales de transporte.
68. La encuesta fue diseñada para obtener un ejemplo representativo de viajeros que se sientan inclinados a utilizar el sistema de trenes. Es importante obtener una cantidad suficiente de viajeros y tipos de viaje que apoyen la estimación estadística de los coeficientes del modelo de elección discreta. Al recolectar datos de un rango de viajeros y tipos de viaje, es posible identificar la forma en la cual diferentes características afectan el comportamiento del modelo de elección.
69. En total, se recabaron 1,670 encuestas. Cada una de ellas con nueve escenarios de preferencia, lo que en realidad equivale a 15,030 escenarios de preferencia. De ellos, 4,635 corresponden a transporte privado y el resto, 10,395 a transporte público.
70. El análisis no solo se limitó a las 25 rutas que corren de manera paralela a la troncal ferroviaria, sino que el proceso de actualización del modelo de oferta, el principal componente actualizado fue el derrotero de las rutas existentes en la zona en estudio, recopiló información de 105 rutas en la zona de influencia. De ellas, se comprobó que un total de 50 rutas sufrieron cambios en los últimos 2 años. Las rutas que cambiaron y cuyos derroteros fueron actualizados en el modelo de transporte se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 6 Rutas con cambios con respecto modelo CEIT**

|            |                      |         |               |    |
|------------|----------------------|---------|---------------|----|
| 45         | 66                   | 176 – A | 622           | 8  |
| 51 – C     | 101                  | 231     | 624           | 9  |
| 52 – C     | 101 – 2              | 249     | 643           | 10 |
| 54         | 136                  | 258     | 644 - A Alamo | 13 |
| 54 – A     | 142                  | 258 – D | 644- A Pintas | 14 |
| 55         | 174                  | 275     | 645           | 15 |
| 61         | 174 Cerro del Cuatro | 275 – B | 701           | 17 |
| 62 – TVO   | 175                  | 360 – 1 | 709           | 18 |
| 62 calle 7 | 175 – A              | 371     | 710           | 19 |
| 63         | 176                  | 603 – B | 6             | 20 |

71. En el caso del modelo desarrollado para determinar la demanda, los trabajos se centraron en la actualización del modelo de transporte desarrollado para el CEIT. Por lo tanto, se tomó como base los modelos de generación de viajes, distribución de viajes, elección modal y asignación de viajes desarrollados en el 2007 para el ese centro de estudios.
72. El proceso de validación del modelo de transporte consiste en comparar los indicadores estimados mediante la aplicación del modelo con los indicadores obtenidos a través de los estudios de campo. El modelo de transporte se considera validado cuando dentro de un mismo margen de error, los indicadores estimados a través del modelo y los indicadores de campo son iguales.
73. Uno de los indicadores utilizados en este estudio es el aforo vehicular y de transporte público. El modelo de transporte debe representar el número de vehículos y pasajeros de transporte privado y público que transita por la zona en estudio. Por lo tanto, un paso en la validación del modelo es la comparación de los aforos obtenidos en campo contra los datos viales conseguidos a partir del modelo. La siguiente imagen presenta esta comparación, la cual presenta en el modelo la ubicación de los aforos de pasajeros y vehiculares tomados en cuenta en la actualización del modelo.

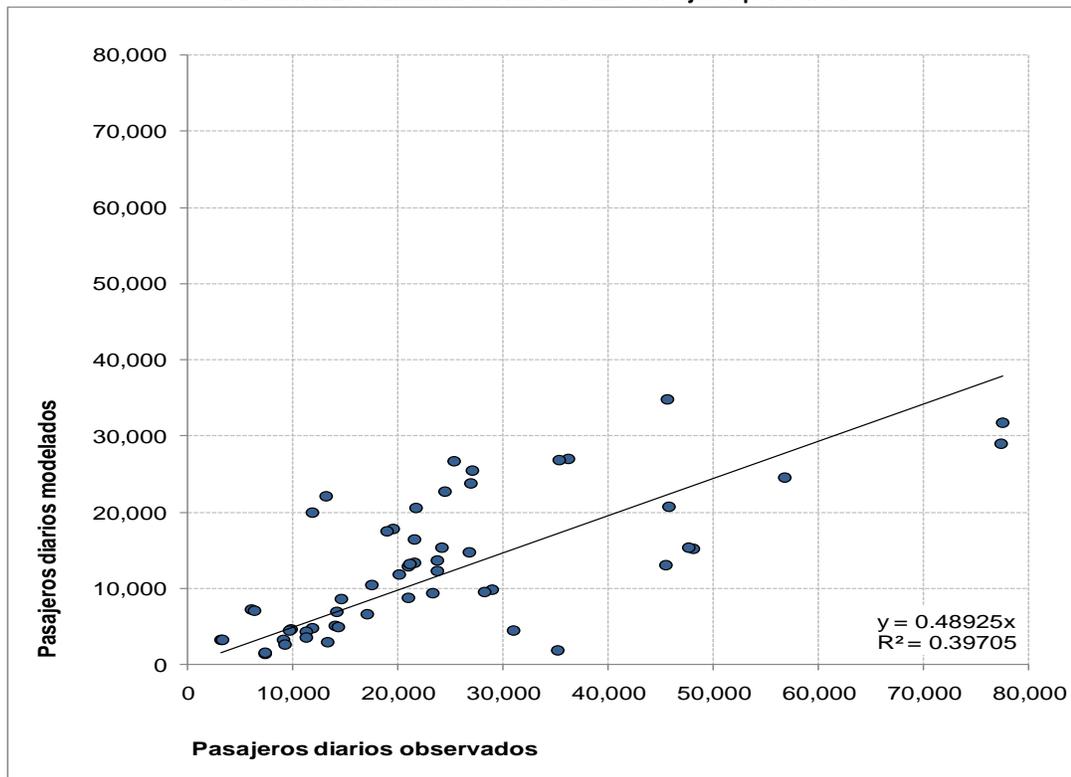
**Ilustración 13 Puntos de comparación de aforos**



Fuente: USTRAN, 2009.

La ilustración inferior presenta la comparación de los aforos observados en campo contra los aforos de pasajeros estimados a partir del modelo.

Ilustración 14 Validación del modelo antes de ajuste por conteos

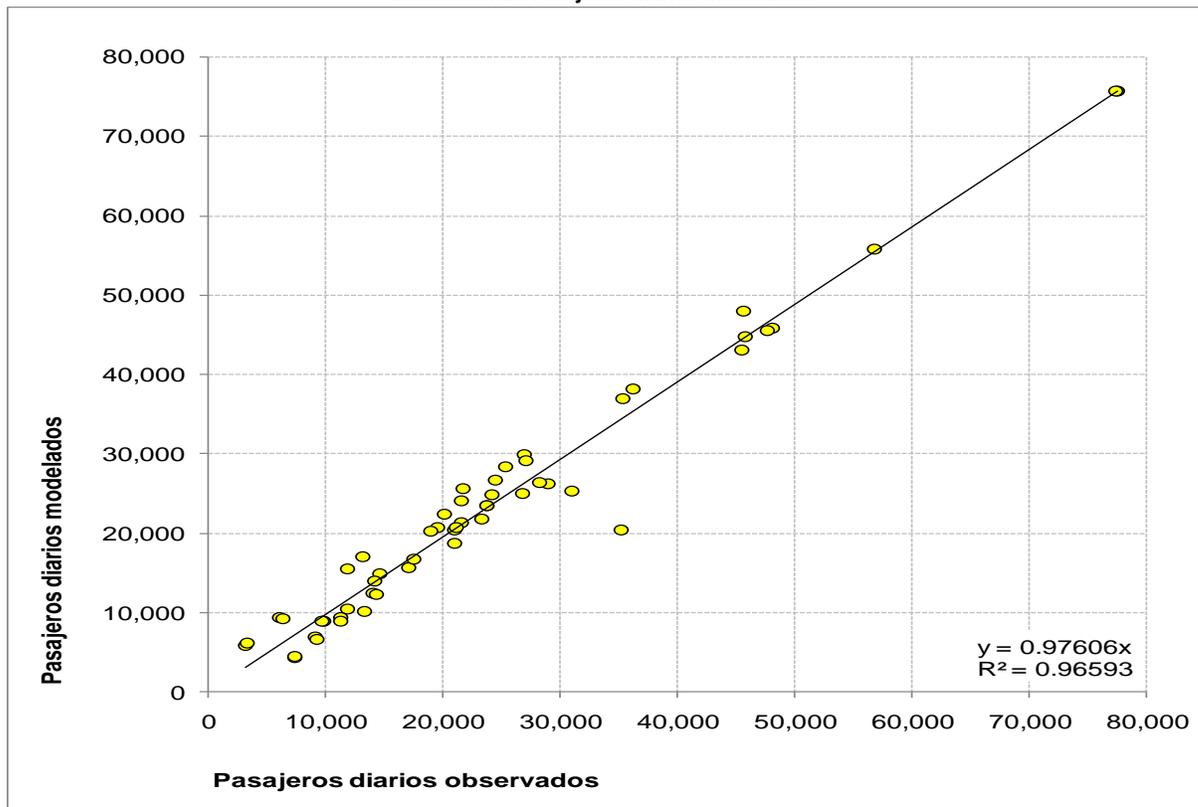


74. Esta comparación fue realizada antes de realizar el ajuste por conteos para evaluar la efectividad de la aplicación de este método. Los resultados de esta comparación inicial indican que en promedio, los pasajeros diarios estimados en el modelo son menores a los observados en campo. Específicamente, los aforos observados son 50% mayores. Esto implica dos cosas:

- El crecimiento del tránsito en la zona ha sido intenso por lo que los resultados estimados a partir del modelo del 2007 son insuficientes para las condiciones de operación actual.
- Nótese además que el coeficiente de determinación o  $R^2$  es de 0.39. Un ajuste perfecto arrojaría un  $R^2$  de 1.0. Por lo tanto, se puede concluir que solo el 40% de la información recopilada es explicada por el modelo del CEIT en su estado original. Por consecuencia, el modelo estimado fue complementado para su uso en condiciones operativas y de demanda del año 2009.

75. En cambio, la siguiente figura presenta el resultado de la misma comparación para el modelo actualizado a partir de los estudios de campo y la aplicación del método de ajuste por conteos en que se basa este proyecto. El coeficiente de determinación se eleva a 0.96. Se puede concluir que el modelo actualizado explica el 96% de la información recopilada en campo. Este resultado se puede considerar adecuado. Se acepta en estos casos por lo menos un coeficiente de determinación de al menos el 90%. Adicionalmente, se observa que al estimar una regresión lineal para esta serie de datos, nos arroja que la pendiente de la línea estimada es de 0.97. Este dato presenta la relación casi uno a uno que existe entre la información de campo y la información del modelo.

Ilustración 15 Pasajeros diarios modelados



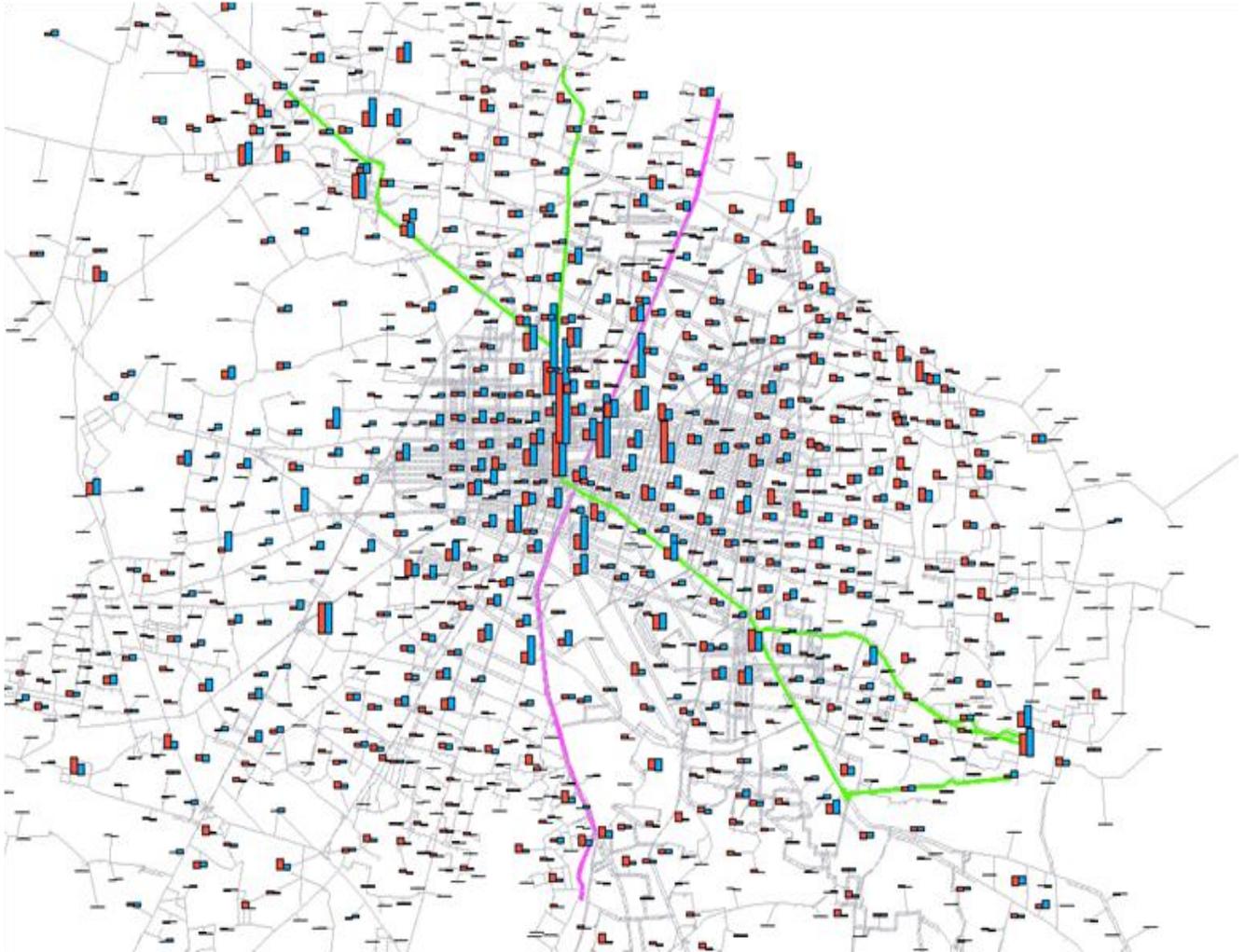
Fuente: USTRAN, 2009.

76. A partir de este proceso de validación se verificaron además los patrones de viaje, tiempos y velocidades de recorrido, rutas de asignación y elección modal. El resultado de validar esta información fue adecuado y por lo tanto se puede concluir que el modelo representa, dentro de un margen de error aceptable, las condiciones operativas del sistema de transporte en la Zona Metropolitana de Guadalajara y que por lo tanto el modelo utilizado para analizar escenarios de demanda y de oferta del proyecto resulta aceptable.

(i) Encuesta de origen y destino.

77. La estimación de la demanda del "Troncal Línea TLG-1" se sustenta en la Encuesta Origen -O-D-2007, denominada. "ESTUDIO DE DEMANDA MULTIMODAL DE DESPLAZAMIENTOS DE LA ZONA CONURBADA DE GUADALAJARA", la cual está integrada por 19,227 encuestas sobre puntos atractores definidos en la mancha urbana. Este análisis concluye que en la ZMG se realizan diariamente 9'782,652 viajes, de los cuales 5'796,857 millones son viajes motorizados, equivalente al 59.25% del total. La participación del transporte colectivo al total de viajes motorizados representa el 28.33%, equivalentes a 2'772,373 viajes diarios.

Ilustración 16 Zona Metropolitana de Guadalajara para estudio de demanda multimodal de desplazamientos

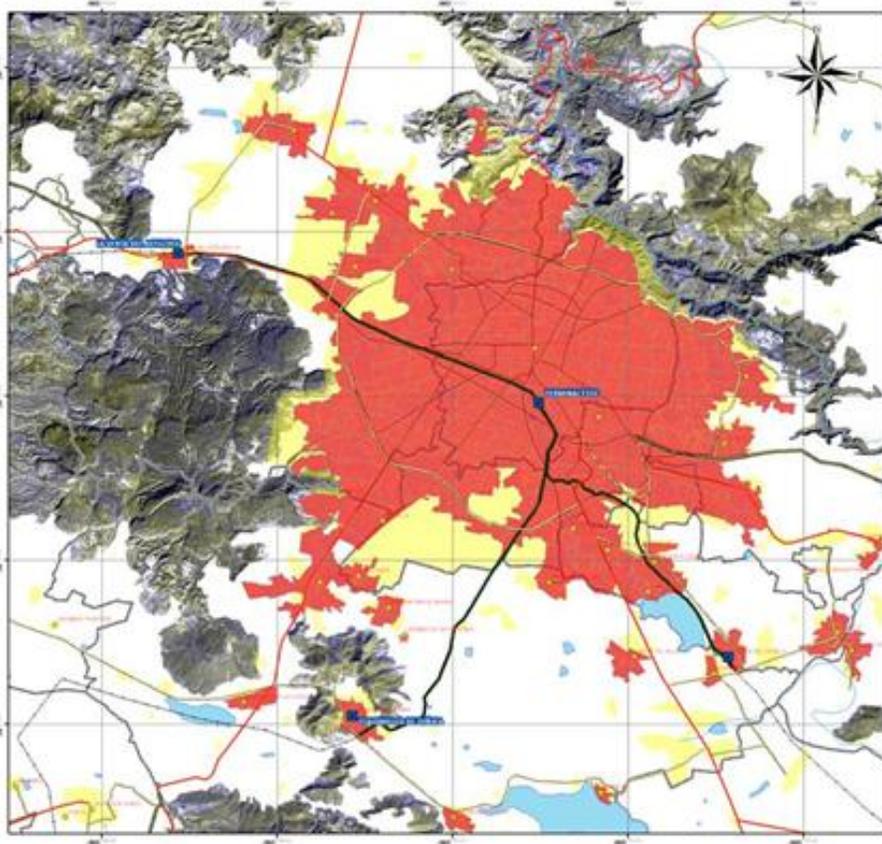


(ii) Encuestas de preferencias declaradas.

78. El estudio de origen y Destino elaborado para la Zona Conurbada de Guadalajara fue complementado para integrar la tendencia de movilidad de los ocho municipios que la conforman, para lo cual se utilizaron 478 zonas cuyo levantamiento fue realizado por el Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte, en adición a 534 zonas las cuales fueron modeladas por la empresa Ustran.

Ilustración 17 Área de estudio modelo Ustran

# Área de estudio



**8 Municipios**

**534 zonas modelo  
Ustran**

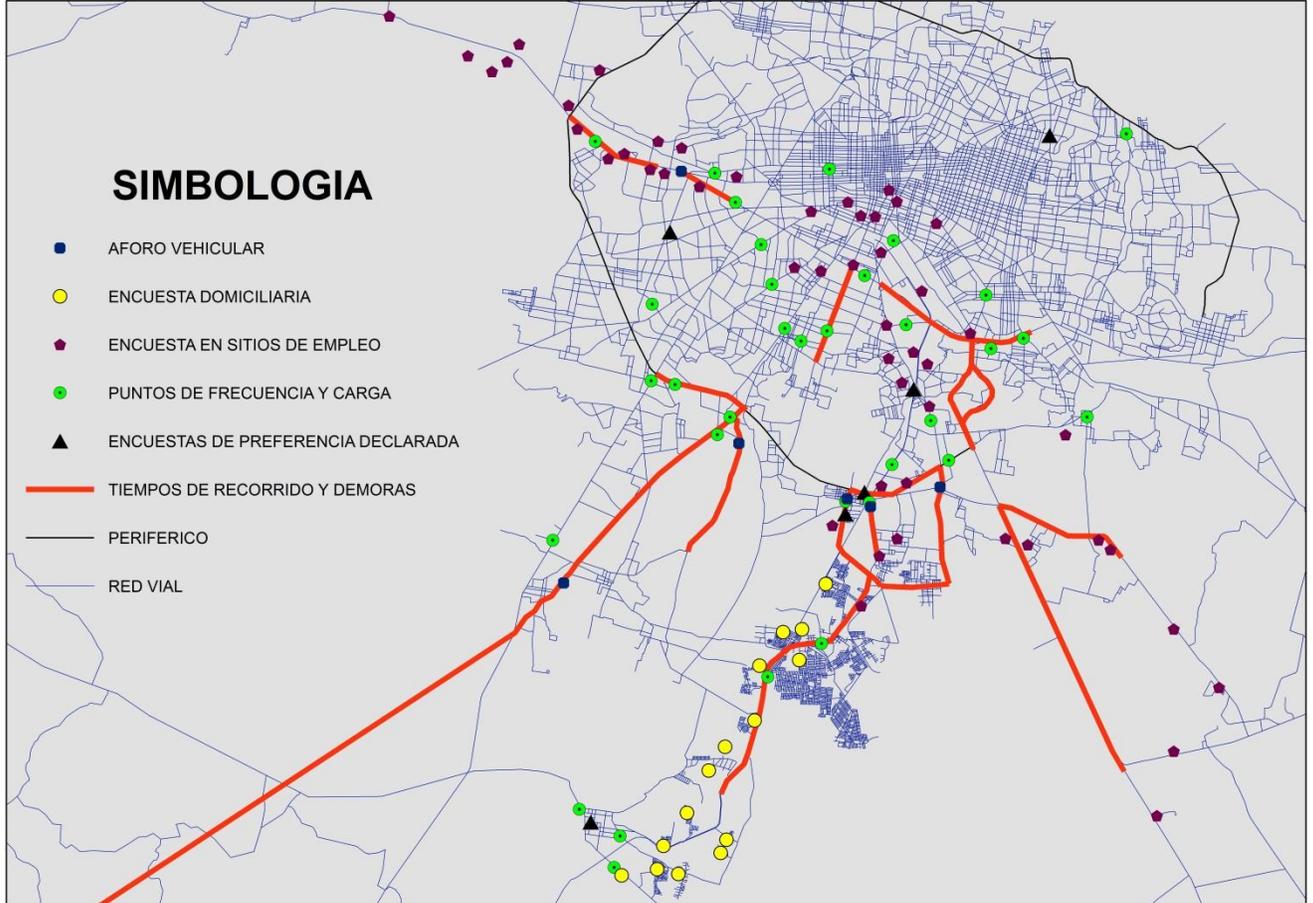
**478 zonas modelo  
CEIT**

**Unidad de análisis  
mínima: Area  
Geoestadística  
Básica (AGEB INEGI)**

Ilustración 18 Ubicación puntos aforo y encuestas

**ESTUDIOS DE CAMPO GUADALAJARA**

40

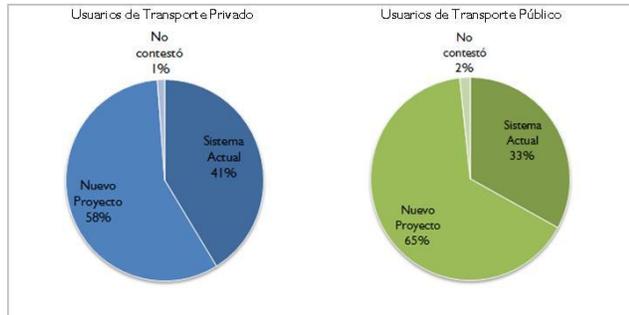


Fuente Ustran.

**Ilustración 19 Principales resultados de la encuesta de preferencia declarada – Preferencia de los encuestados del sistema actual y sistema propuesto de transporte**

Resultados principales encuesta de preferencia declarada

Preferencia de los encuestados del sistema actual y sistema propuesto de transporte



Nivel de ingreso económico mensual de los encuestados

**Promedio ponderado = \$4,280**



**Ilustración 20 Principales resultados de la encuesta de preferencia declarada – Frecuencia de viajes**

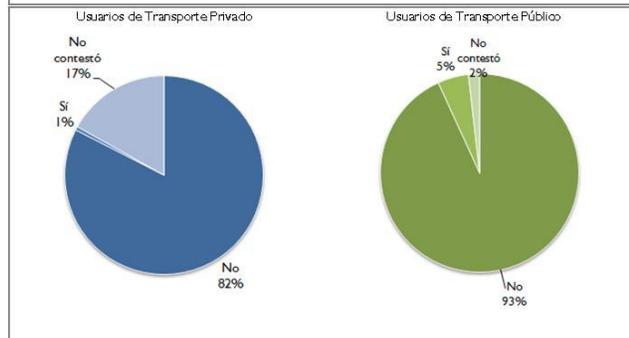
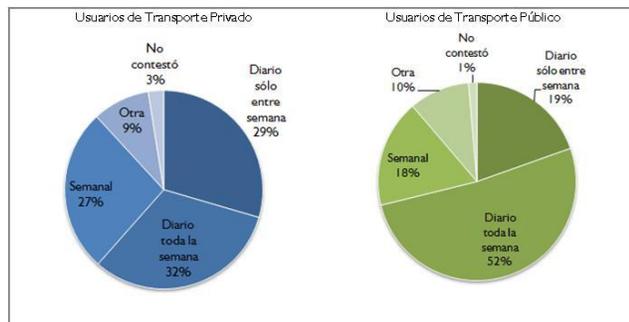
Resultados principales encuesta de preferencia declarada

Frecuencia de viaje de los encuestados en encuesta de preferencia declarada

**Promedio ponderado auto = 9 viajes por semana**

**Promedio ponderado transporte público = 10.7 viajes por semana**

Respuesta a la pregunta de si utiliza o no en algún momento el tren ligero



Fuente Ustran.

Ilustración 21 Principales resultados de la encuesta de preferencia declarada – Costo del viaje declarado

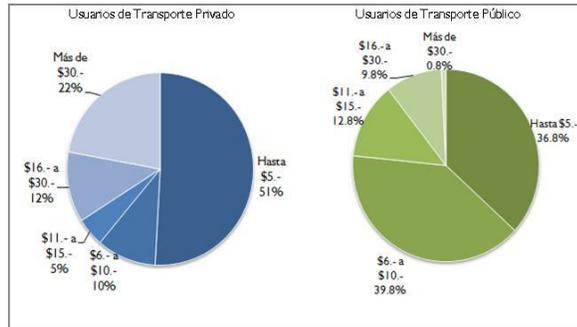
Resultados principales encuesta de preferencia declarada

Costo del viaje declarado por los encuestados

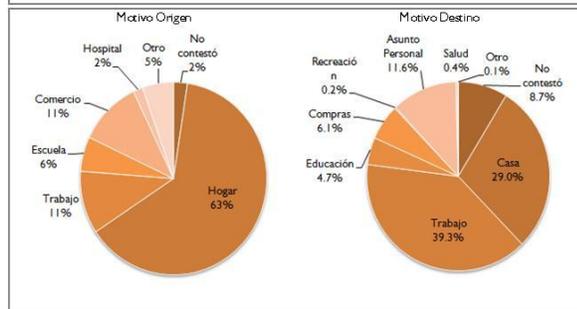
**Promedio ponderado percibido por los usuarios**

**Auto = \$13.3**

**Transporte público = \$9.2**



Motivo de viaje declarado por los encuestados en su origen y destino

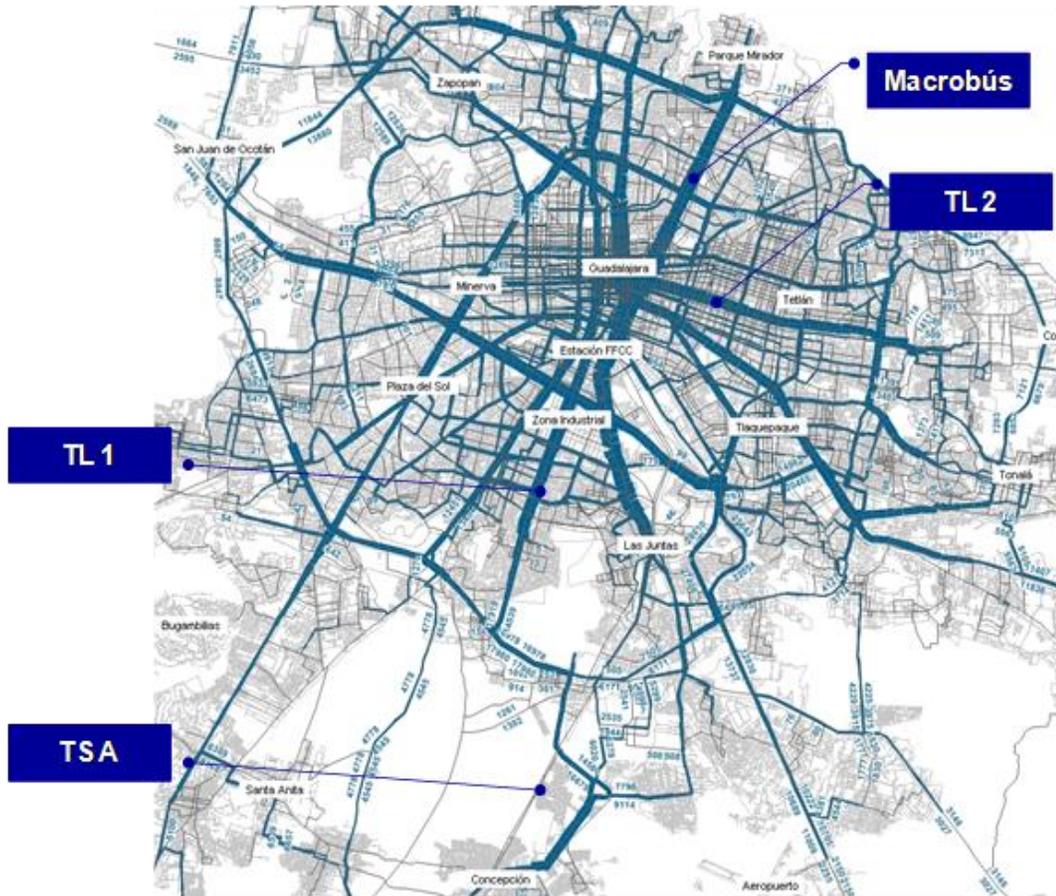


Fuente Ustran.

79. La ilustración inferior integra de manera visual las preferencias de movilidad, exclusivamente en lo que a transporte público se refiere, de la población de la totalidad de la mancha urbana de la ZCG, en dicho plano se identifica la concentración de pasajeros de transporte público que utiliza el derrotero “Periférico Sur–Federalismo–Periférico Norte”, es decir desde Tlaquepaque hasta Zapopan. Adicionalmente, esta troncal constituye uno de los mayores flujos de demanda de la ciudad y su volumen solo es comparable con otras troncales como Troncal-Independencia en la cual transita un sistema de BRT –*Macrobus Línea 1-*, así como la Troncal Javier Mina por la cual transita la “Línea 2” del Tren Eléctrico Urbano. – Para obtener mayor información sobre la metodología empleada y la descripción de los atractores *para el análisis Origen–Destino-* favor de remitirse al Anexo IV.

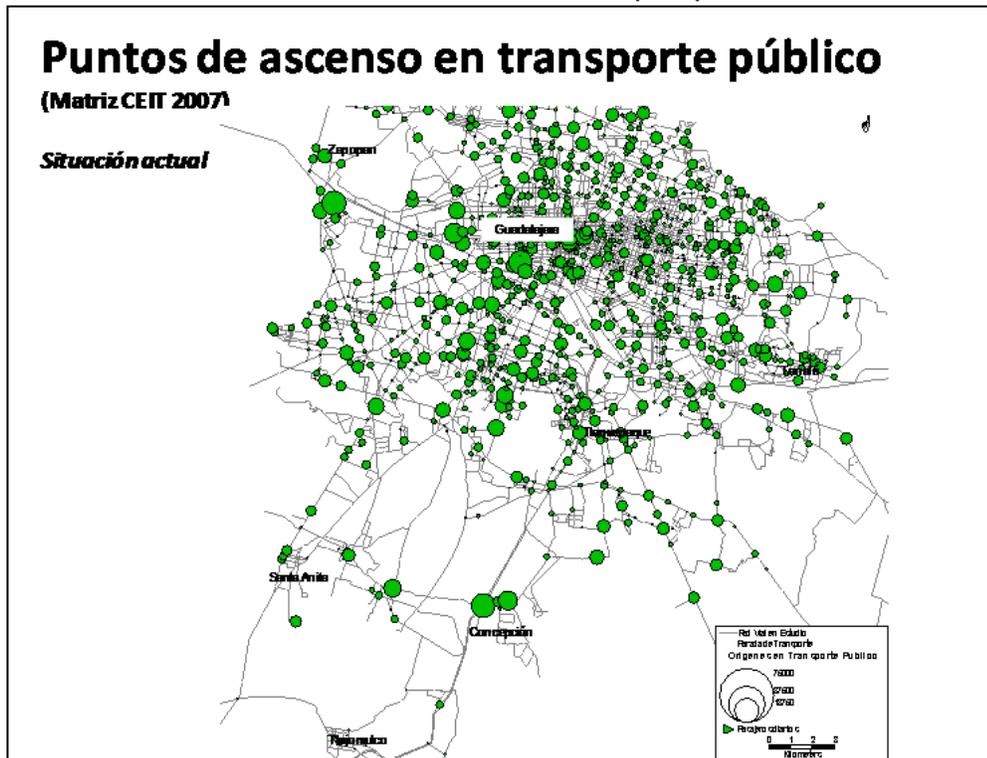
# Asignación de transporte público

## Situación actual



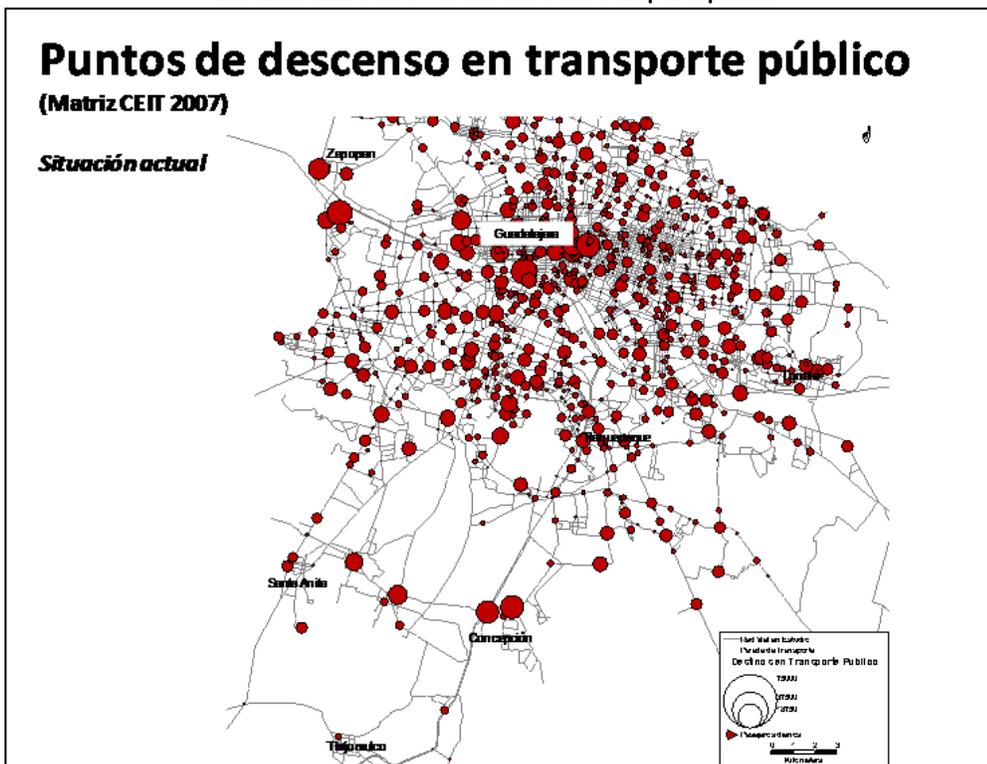
80. El análisis de modelación basado en los datos de la “Encuesta de Origen y Destino 2007” y en la actualización de campo de esta permitió identificar tres variables fundamentales para la estimación de la demanda: (i) Puntos de Ascenso de Transporte Público, (ii) Puntos de Descenso de Transporte Público y (iii) Puntos de Transbordo en el Transporte Público, mismos que se presentan los resultados de manera gráfica en las siguientes tres ilustraciones. El documento incluye mayor información sobre el proceso de ascensos, descensos y puntos de transbordo en el Anexo II del presente documento.

Ilustración 23 Puntos de acceso del transporte público



Fuente: Ustran

Ilustración 24 Puntos de descenso del transporte público

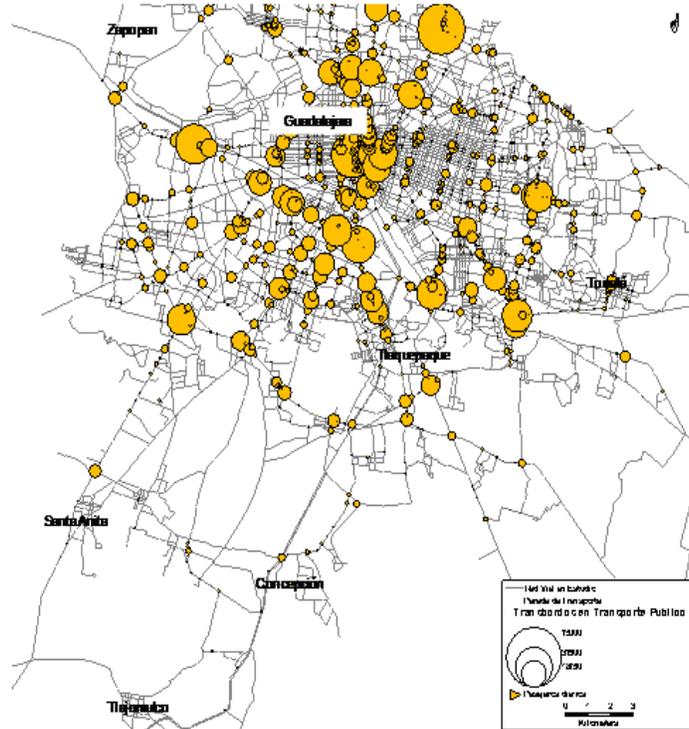


Fuente: Ustran

Ilustración 25 Puntos de transbordo en transporte público

## Puntos de transbordo en transporte público (Matriz CEIT 2007)

*Situación actual*

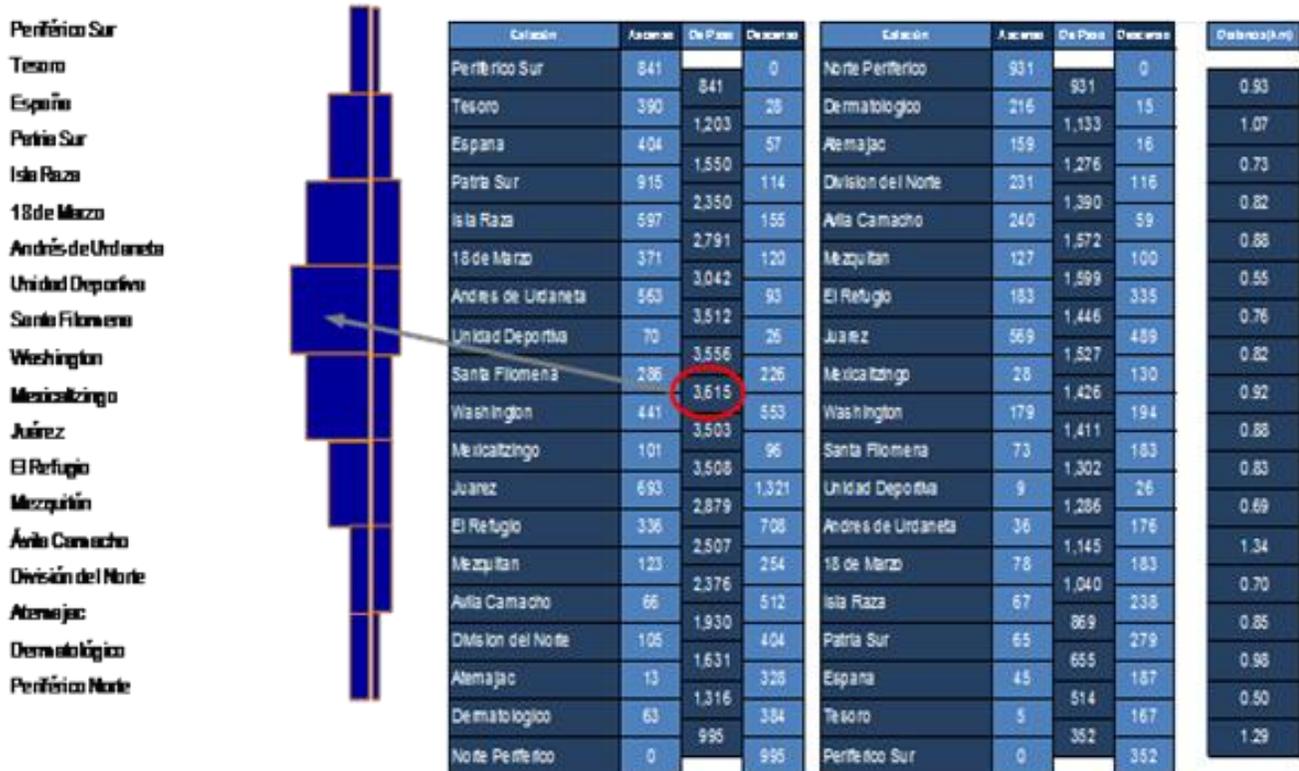


Fuente: Ustran

# Periférico Sur – Periférico Norte (Matriz CET 2007)

## Tren Eléctrico Línea 1 – Situación Actual

46



Al asumir las siguientes condicionantes:

- Velocidad comercial de 35 km/h
- Tarifa similar a la actual
- Intervalo de 5:15 minutos en HMD
- Longitud de 15.60 km

Se podrán captar:

- Viajes en HMD sentido S-N – N-S: 3,615 – 1,599
- Demanda diaria (viajes): 114,400
- Distancia recorrida por pasajero: 5.62 km

81. La demanda determinada para sistema comprendido de la troncal –Línea TLG-1- asciende a 129,965 pasajeros diarios en día promedio anual -365 días- o bien equivalente a 135,600 pasajeros en día promedio anual de 318 días laborables, este volumen de pasajeros se considera como demanda natural de la troncal e incluye las transferencias de TLG-2. El grafico anterior de polígonos de carga estima una demanda diaria de 114,400 exclusiva para TLG-1, ya que este nivel de demanda no incluye la demanda resultante de las transferencias de Línea TLG-2.

82. A través del ejercicio de los polígonos de carga se identifica el punto en el corredor con mayor demanda en hora sentido, el cual se ubica en la estación Santa Filomena con 3,615 pasajeros.

Evidencia de demanda histórica Línea TLG-1.

83. Contrario a otros proyectos de movilidad la Línea TLG-1 registra la virtud de contar con información empírica real sobre el comportamiento de la demanda, la cual se encuentra en los registros de viajes del organismo operador. Para 2011 el nivel diario de pasajeros asciende a 135,600, esto para los 318 días promedio, sin embargo esta línea de TEU registra un nivel del 67% en días promedio no hábil de los registrado en día promedio hábil, es decir 91,838 pasajeros para los restantes 48 días no hábiles del año. Como consecuencia el día promedio anual registra 129,965 pasajeros.

47

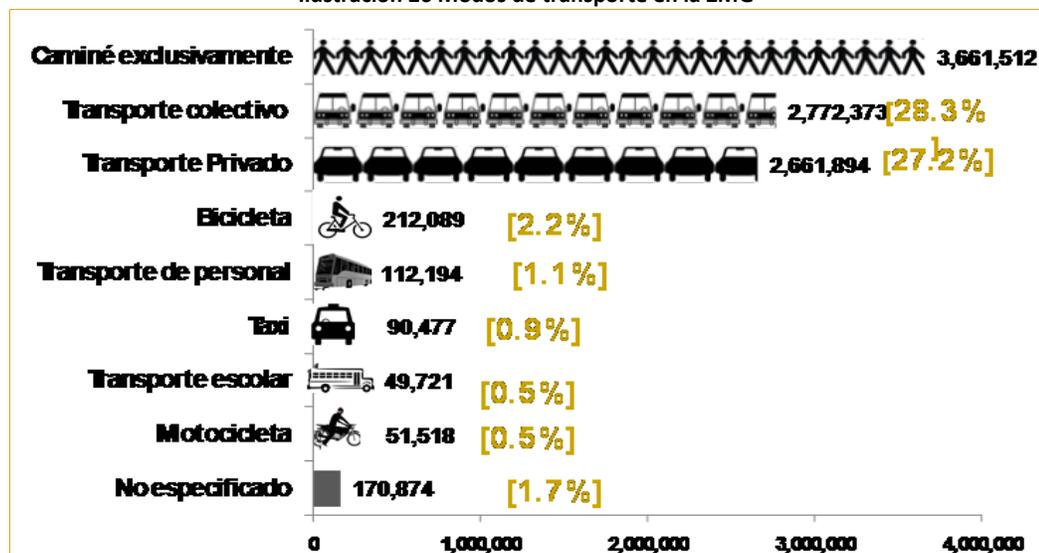
Tabla 7 Conteo de Pasajeros Línea 1

| Tasa de crecimiento | Año  | Línea 1 |        | Total L1 |
|---------------------|------|---------|--------|----------|
|                     |      | Vía 1   | Vía 2  |          |
| C*                  | 2006 | 57,003  | 50,660 | 107,663  |
| 5%                  | 2007 | 59,853  | 53,193 | 113,046  |
| C*10.1%             | 2008 | 65,898  | 58,565 | 124,464  |
| 3.50%               | 2009 | 68,205  | 60,615 | 128,820  |
| 2.30%               | 2010 | 69,773  | 62,009 | 131,783  |
| 2.90%               | 2011 | 71,378  | 64,222 | 135,600  |

Modos de viaje

84. Como se muestra en la Figura 2-7, el 27.2% de los viajes se realizan en automóvil particular. 3'661,512 de los viajes se hacen caminando, el 28.3% en transporte colectivo un 1.1% en autobús privado. En una muy baja proporción se llevan a cabo viajes en taxis, motocicletas o bicicletas.

Ilustración 26 Modos de transporte en la ZMG



Fuente: elaborado con base en los resultados de la EODHCH

Motivo de viaje:

85. La mayor parte de los viajes (57%) realizados tienen como motivo el trabajo –*incluyendo en este conjunto de desplazamiento los viajes de regreso a casa, los cuales no se hubiesen generado sin el motivo laboral*-. El 3% restante incluye diversos propósitos como estudio, ocio, visita social, u otro motivo.

Patrón de los viajes.

86. De acuerdo al proceso de modelación se determinó que el viaje promedio de la troncal asciende a 5.62 Km.

**d) Interacción de la oferta-demanda.**

Frecuencia de paso

87. La Línea TLG-1 inicia su operación a las 5:00 am, mientras que el servicio finaliza a las 23:11. Las frecuencias de paso se ajustan de acuerdo a los requerimientos de la demanda, la frecuencia mínima registrada en horas pico asciende a 5.15 minutos, mientras que el mayor intervalo asciende a 15 minutos durante la primera hora de operación del sistema (5:00 a 6:00). A continuación se presenta una tabla que describe la frecuencia por hora y tipo de día –*hábil y no hábil*-.

88. En la Figura inferior se presenta una distribución de las frecuencias horarias observadas en la Línea 1, así como su promedio. La tendencia se orienta a mantener la frecuencia inferior a los 7 minutos a lo largo del día, excepto en las horas de inicio y termino de la operación, en donde la frecuencia es más baja.

**Tabla 8 Frecuencia TLG-1**

|           | Horario             | Intervalo entre trenes | Trenes en circulación | Lugares disponibles/hora |
|-----------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| LABORALES | 05:00:00 – 06:00:00 | 15'00"                 | 4                     | 1,800                    |
|           | 06:05:30 – 09:30:00 | 05'15"                 | 12                    | 5,144                    |
|           | 09:39:00 – 12:03:00 | 09'00"                 | 7                     | 2,844                    |
|           | 12:10:00 – 17:04:00 | 07'00"                 | 9                     | 3,857                    |
|           | 17:09:15 – 20:34:00 | 05'15"                 | 12                    | 5,144                    |
|           | 20:44:30 – 23:13:00 | 10'30"                 | 6                     | 2,570                    |
| SÁBADOS   | 05:00:00 – 06:00:00 | 15'00"                 | 4                     | 1,800                    |
|           | 06:15:05 – 10:54:00 | 05'15"                 | 12                    | 5,144                    |
|           | 11:01:00 – 12:18:00 | 07'00"                 | 9                     | 3,857                    |
|           | 12:23:15 – 16:09:00 | 05'15"                 | 12                    | 5,144                    |

|          |                     |        |   |       |
|----------|---------------------|--------|---|-------|
|          | 16:16:00 – 18:43:00 | 07'00" | 9 | 3,857 |
|          | 18:52:00 – 21:16:00 | 09'00" | 7 | 2,844 |
|          | 21:26:30 – 23:13:00 | 10'30" | 6 | 2,570 |
| DOMINGOS | 06:00:00 – 07:00:00 | 15'00" | 4 | 1,800 |
|          | 07:10:30 – 09:06:00 | 10'30" | 6 | 2,570 |
|          | 09:13:00 – 15:59:00 | 07'00" | 9 | 3,857 |
|          | 16:09:30 – 23:13:00 | 10'30" | 6 | 2,570 |

Fuente: SITEUR - Tabla elaborada por Rehovot.

### Carga de trenes

89. La capacidad máxima de operación de trenes -12 *trenes dobles*- se registra en los horarios punta definidos de 6:00 a 9:30 y de 17:00 a 20:30. La menor carga operativa de trenes se registra en el lapso de las 5:00 a las 6:00.

### Organismo Operador

90. El Sistema de Tren Eléctrico Urbano –denominado *SITEUR*- es un Organismo Público Descentralizado el cual es propietario y operador tanto de la infraestructura como del material rodante.

### Índice de pasajeros por vehículo por día (PVD)

91. El PVD o índice de Pasajero por Vehículo por Día es un indicador que mide la utilización del parque vehicular de trenes, comprendidos en la oferta. Los resultados de esta indicador operativo indican que la movilización diaria por carro de tren es superior a los 5,500 pasajeros.

### Índice de pasajeros por kilómetro (IPK)

92. El Índice de pasajeros por kilómetro constituye un indicador operacional de la troncal, el cual refleja el desempeño de la flota durante un periodo de tiempo, es decir, evalúa la eficiencia de la programación operacional de la ruta, al relacionar el número de pasajeros transportados con la cantidad de kilómetros recorridos por la ruta. Para el caso del tren se registra aun IPK superior.

### Velocidad sin Proyecto.

93. La interacción de oferta y demanda en Situación sin Proyecto genera una velocidad operativa promedio de 26 Km/h, la cual incluye el proceso de ascenso y descensos en estaciones y terminales.

### iii. Situación sin Proyecto de Inversión

- a) **Optimizaciones: 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**

94. Las medidas de optimización para la problemática actual corresponden a soluciones de bajo costo y de acción inmediata, que ayudan en alguna medida a mitigar los problemas actuales. Las medidas de optimización consisten en implantar acciones que coadyuven a incrementar los niveles de seguridad operativa en la convivencia urbano-ferroviaria en los cruces a nivel de las vialidades con las vías de tren y por otra parte aumentar la velocidad de operación de TLG-1, mismas que se explican en la tabla inferior:

Tabla 9 Acciones en la situación actual y optimizada

| Solución   | Situación Actual  | Situación Optimizada   | Mitigación | Afectación en Beneficios de Tiempo   |
|--|---|--|------------|--|
| <b>Implantación de Barreras en Cruces a Nivel</b>                                | La totalidad de cruces a nivel de la vía con las vialidades no cuentan con barreras sincronizadas al paso del tren          | La implantación de barreras en cruce a nivel incrementaría los niveles de seguridad (Para vehículos automotrices como para tren) e incremento de la velocidad de operación |            | Aumento de la velocidad a 31 Km/h. Equivalente a un 5% con relación a "Situación Actual" |
| <b>Implantación de una solución sanforizada con preferencia al paso del tren</b> | Reducción de la velocidad como consecuencia a la realización de maniobras de alto total en los cruces a nivel sanforizados. | Aumento de la velocidad de operación del tren  |            | Aumento de la velocidad a 31 Km/h. Equivalente a un 5% con relación a "Situación Actual" |

Fuente: elaborado por Rehovot.

95. La implantación ambas medidas de optimización en conjunto de la línea TLG-1 pueden llegar a mejorar la velocidad de operación en un 5%.

**Tabla 10 Velocidad de operación - Situación Actual y Optimizada**

|                                     | Situación Actual | Situación Optimizada |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| <b>Velocidad de Operación TLG-1</b> | 26.0 km/h        | 27.5 km/h            |

Fuente: elaborado Rehovot

96. Las acciones identificadas en el proceso de optimización si bien contribuyen a incrementar la velocidad operativa del tren, estas medidas no solucionan la problemática registrada en la “Situación actual” de la Línea TLG-1, ya que no crean las condiciones para incrementar la capacidad de transporte de pasajeros de la troncal, ni abate los temas de obsolescencia del sistema. Asimismo las medidas de optimización representan un incremento marginal en la velocidad actual del corredor.

97. Con base a los resultados del análisis de estas acciones se concluye que se requiere de la implantación de acciones que solucionen de manera integral a la problemática registrada en la Línea TLG-1 con una visión de largo plazo y de complementariedad con los diversos modos de transporte existente en la urbe. Resulta necesario emprender medidas para modernizar y ampliar la capacidad de la troncal de tren eléctrico a fin de optimizar su actual sub-utilización y convertirlo en una de las principales troncales de movilidad de la ZMG.

98. La flota de trenes en el escenario optimizado consiste en 24 carros, con los que opera actualmente la TLG-1. Como parte del proceso de optimización se implantaría una repotenciación de los sistemas de frenado y tracción al pasar de un modelo GTO (asíncronos) a IgBt.

**b) Análisis de la Oferta en caso de que el programa o proyecto de inversión no se lleve a cabo.**

99. El proceso de optimización del proyecto mantendría la oferta de trenes sin cambio con relación al escenario base de “Situación Actual”.

**c) Análisis de la Demanda en caso de que el programa o proyecto de inversión no se lleve a cabo**

100. El proceso de optimización del proyecto supone que ante la ausencia de una mayor oferta de trenes, la demanda en el horizonte de evaluación permanecería igual a la registrada en el escenario de “Situación sin proyecto”. Bajo este escenario optimizado, la LTG-1 no podría llegar a incorporar un mayor número de pasajeros adicionales a su capacidad máxima, por lo tanto los usuarios expulsados por falta de capacidad de la troncal deberán realizar sus desplazamientos mediante el uso de buses convencionales, lo cual supone un incremento en los Costos Generalizados de Viaje –CGV- de la troncal de movilidad.

| Tiempo Integrado de Viaje "Optimizado" |                               |                              |                           |                       |                     |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| Grupo de Usuarios                      | % Demanda L1 Demanda Agregada | Demanda<br>129,965<br>29,832 | Tiempo Integrado de Viaje | Total Minutos por Día | Total Horas por Día |
| Troncal Exclusiva LTG1                 | 0%                            | 129,965                      | 21.01                     | 2,730,349.82          | 45,505.83           |
| Buses Convencionales                   | 100%                          | 29,832                       | 31.46                     | 938,575.22            | 15,642.92           |
| Alimentadores                          | 0%                            | -                            | -                         | -                     | -                   |
| Otros                                  | 0%                            | -                            | -                         | -                     | -                   |
| <b>Total</b>                           | <b>100%</b>                   | <b>159,796.87</b>            | <b>52.47</b>              | <b>3,668,925.04</b>   | <b>61,148.75</b>    |

| Estimación de Tiempo "Optimizado" Exclusivo TLG-1 |      |                |  |   |                     |
|---|------|----------------|--|---|---------------------|
| Año   |      | Demanda Diaria | Tiempo Integrado de Viaje Diario (Horas) | Tiempo Integrado de Viaje Anual (Horas) | Monetización Tiempo |
|   |      |                |  | 365                                     | \$22.73             |
| 0   | 2013 | -              | -  | -                                       | -                   |
| 1   | 2014 | -              | -  | -                                       | -                   |
| 2   | 2015 | 129,965        | 45,505.83                                | 16,609,628                              | 377,604,161         |
| 3   | 2016 | 133,994        | 46,916.51                                | 17,124,527                              | 389,309,890         |
| 4   | 2017 | 138,148        | 48,370.92                                | 17,655,387                              | 401,378,497         |
| 5   | 2018 | 142,430        | 49,870.42                                | 18,202,704                              | 413,821,230         |
| 6   | 2019 | 146,845        | 51,416.40                                | 18,766,988                              | 426,649,688         |
| 7   | 2020 | 151,398        | 53,010.31                                | 19,348,764                              | 439,875,828         |
| 8   | 2021 | 156,091        | 54,653.63                                | 19,948,576                              | 453,511,979         |
| 9   | 2022 | 159,993        | 56,019.97                                | 20,447,290                              | 464,849,779         |
| 10  | 2023 | 163,993        | 57,420.47                                | 20,958,473                              | 476,471,023         |
| 11  | 2024 | 168,093        | 58,855.98                                | 21,482,434                              | 488,382,799         |
| 12  | 2025 | 172,295        | 60,327.38                                | 22,019,495                              | 500,592,369         |
| 13  | 2026 | 176,603        | 61,835.57                                | 22,569,983                              | 513,107,178         |
| 14  | 2027 | 181,018        | 63,381.46                                | 23,134,232                              | 525,934,857         |
| 15  | 2028 | 185,543        | 64,965.99                                | 23,712,588                              | 539,083,229         |
| 16  | 2029 | 190,182        | 66,590.14                                | 24,305,403                              | 552,560,309         |
| 17  | 2030 | 194,936        | 68,254.90                                | 24,913,038                              | 566,374,317         |
| 18  | 2031 | 199,810        | 69,961.27                                | 25,535,864                              | 580,533,675         |
| 19  | 2032 | 204,805        | 71,710.30                                | 26,174,260                              | 595,047,017         |
| 20  | 2033 | 209,925        | 73,503.06                                | 26,828,617                              | 609,923,192         |
| 21  | 2034 | 215,173        | 75,340.64                                | 27,499,332                              | 625,171,272         |
| 22  | 2035 | 220,553        | 77,224.15                                | 28,186,816                              | 640,800,554         |
| 23  | 2036 | 226,066        | 79,154.76                                | 28,891,486                              | 656,820,568         |
| 24  | 2037 | 231,718        | 81,133.63                                | 29,613,773                              | 673,241,082         |
| 25  | 2038 | 237,511        | 83,161.97                                | 30,354,117                              | 690,072,109         |
| 26  | 2039 | 243,449        | 85,241.01                                | 31,112,970                              | 707,323,912         |
| 27  | 2040 | 249,535        | 87,372.04                                | 31,890,795                              | 725,007,010         |
| 28  | 2041 | 255,773        | 89,556.34                                | 32,688,065                              | 743,132,185         |
| 29  | 2042 | 262,168        | 91,795.25                                | 33,505,266                              | 761,710,489         |
| 30  | 2043 | 268,722        | 94,090.13                                | 34,342,898                              | 780,753,252         |

**\$ 15,538,290,195**

**d) Diagnóstico de la interacción de la oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación.**

101. La implantación de un escenario optimizado traería como consecuencia un aumento en la velocidad operativa de la LTG-1, ya que la implantación medidas de mejora en la señalización de los cruces a nivel contribuirían a incrementar la velocidad operativa de 26 km/h –*Situación Actual*- en comparación con los 27.5 km/h –*Situación Optimizada*-.

53

| <b>Velocidad y Tiempo de Espera Promedio Optimizada</b> |                   |           |                      |                       |                           |
|---|-------------------|-----------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| % Pasajeros   | Horario           | Pasajeros | Velocidad Optimizada | Tiempo de Espera Tren | Promedio Ponderado Espera |
|   |                   |           | Km/h                 |                       |                           |
| %   |                   |           | <b>27.50</b>         |                       | 1,108,151.95              |
| <b>6.50%</b>  | <b>5:00 -6:00</b> | 8,448     | 27.50                | 15.00                 | <b>126,715.75</b>         |
| <b>26.50%</b>   | 6:00-9:30         | 34,441    | 27.50                | 7.73                  | <b>266,226.54</b>         |
| <b>11.00%</b>   | 9:30-12:00        | 14,296    | 27.50                | 9.00                  | <b>128,665.22</b>         |
| <b>17.00%</b>   | 12:00-17:00       | 22,094    | 27.50                | 7.00                  | <b>154,658.19</b>         |
| <b>27.00%</b>   | 17:00-20:30       | 35,091    | 27.50                | 7.73                  | <b>271,249.68</b>         |
| <b>12.00%</b>   | 20:40-23:13       | 15,596    | 27.50                | 10.30                 | <b>160,636.58</b>         |
| 100.00%   |                   | 129,965   | <b>27.50</b>         | 9.46                  | <b>8.53</b>               |

**e) Alternativas de solución**

**Alternativa 1: Modelo Bus Convencional.**

102. La primera alternativa consiste en implantar un sistema de buses convencionales que corra de manera paralela sobre alguna vialidad por determinar paralela a Av. Colon-Federalismo. La intención de esta alternativa es la de captar el flujo de demanda que no puede ser atendida bajo las condiciones actuales de saturación de la Línea TLG-1.
103. Bajo este supuesto la alternativa plantea que ante la incapacidad de realizar nuevas inversiones para repotenciar y ampliar la capacidad de la Línea 1 de Tren Ligero la demanda no entendida por este modo de transporte migre hacia un modelo de buses convencionales.
104. Esta alternativa se descarta ya que su implantación no elimina la problemática identificada en el modelo de transporte convencional bajo la “Situación Actual”, con características negativas como pulverización de la oferta, incapacidad para adaptar la oferta a la demanda real, guerra del centavo, incentivos no alineados hacia la seguridad y eficiencia, guerra del centavo, aumento de la congestión vial, incremento de emisiones contaminantes como ruido y gases efecto invernadero, entre otros.

#### **Alternativa 2: Modelo Bus Rapid Transit -BRT-**

105. La segunda alternativa consiste en implantar una troncal de BRT que circule de manera paralela a la Línea TLG-1, con la intención de captar la demanda no atendida como consecuencia a la saturación e incapacidad de absorción de mayor demanda de este modo de transporte, bajo la “situación actual” de oferta e infraestructura.
106. Los sistemas tronco-alimentadores, denominados también Bus Rapid Transit –BRT- registran una serie de características que combinan la menor inversión en infraestructura en el contexto de los distintos modos de transporte masivo, la sustentabilidad financiera del operador y los beneficios de movilidad. El costo promedio de infraestructura por kilómetro oscila entre USD 4 y 10 millones, la velocidad promedio supera los 23 km/h pero en el servicio exprés la velocidad comercial promedio alcanza hasta los 28 km/h, el diseño de demanda máxima de capacidad puede ajustarse desde 4,000 pasajeros hora sentido hasta casos como el sistema Transmilenio en Bogotá que registra índices superiores a los 30,000 pasajeros en Hora de Máxima Demanda –HMD-.
107. El confinamiento de carriles exclusivos a los *Bus Rapid Transit* (BRT) permite obtener un incremento en la velocidad promedio del transporte público, incluso por encima de la velocidad promedio del transporte motorizado privado, esto con consecuentes beneficios para la población aunado a una mayor eficiencia en consumo de combustibles y reducción de emisiones contaminantes. El incremento de velocidad permite una ganancia de la sociedad al reducir el costo de traslado de los usuarios. Adicionalmente, el incremento de velocidades permite obtener reducción de costos operativos en el largo plazo.
108. El esquema de BRT se ha utilizado exitosamente en ciudades de países en vías de desarrollo como una estrategia que permite transitar de contexto ineficiente e inercial de transporte público y/o modelo de “hombre-camión”, hacia un modelo eficiente y ordenado de provisión de servicio. Este esquema permite una transición concertada de un sistema caótico y altamente ineficiente provocado, ya sea por los esquemas ineficientes de hombre-camión en el caso privado, o bien con sistemas excesivamente burocratizados en la parte de transporte público gubernamental, hacia un

sistema eficiente, ordenado y el cual generalmente brinda un mejor servicio y no requiere de subsidios operativos. Las causas de esta mejora en el servicio del transporte se deben principalmente a la sustitución del esquema de incentivos basado en el pasajero transportado –*La guerra del centavo*- en el cual todos los medios de transporte que confluyen en una calle compiten por el mismo pasajero hacia un esquema basado en kilómetro recorrido, o bien con una combinación de esta compensación por distancia con la cantidad de pasajeros transportados.

109. La reducción de la oferta de unidades de transporte sobre un mismo corredor vial y el mantenimiento del mismo nivel de demanda de pasajeros –*en ocasiones la demanda es superior bajo el esquema de BRT por la elasticidad a un menor precio a una mejor calidad en el servicio*- permite que las unidades incrementen el promedio de Índice de Pasajeros por Kilómetro –*IPK*- por hora-sentido. El nivel de oferta y demanda de transporte generalmente alcanza un punto en el vértice, cuya combinación de una disminución de costos y aumento en demanda genera mayor eficiencia al sistema en su conjunto. Como consecuencia, este tipo de modelo de negocio generalmente alcanza una mayor rentabilidad en comparación con un escenario de transporte caótico caracterizado por una *canibalización* de la demanda y un exceso de oferta de transporte.
110. El modelo de BRT permite una transición del modelo de hombre-camión hacia un esquema de empresa de transporte, en la cual los hombres-camión se transforman en accionistas y, por ende, reciben beneficios de corredor en su conjunto y no sólo de su unidad, además de conservar su empleo como conductores o personal administrativo/mantenimiento. La transformación hacia empresas de transporte permite reducir los costos operativos, ya que las unidades pueden reducir la oferta en horas valle permitiendo reducir los costos operativos y depreciaciones de manera que se maximizan los ingresos.
111. Generalmente, la implementación de un esquema de BRT se realiza a través de una licitación pública en la cual varias empresas privadas de transporte compiten entre sí por ganar una concesión, la que está basada en años de transporte o kilómetros recorridos. El proceso de licitación permite alinear incentivos para que las empresas operadoras minimicen sus costos operativos y maximicen sus inversiones en beneficio de una tarifa óptima para el usuario desde el punto de vista de mercado. Tanto el costo operativo como el nivel de inversión en el material rodante permiten que el modelo de negocio de BRT funcione sin la intervención de un subsidio público a la tarifa, por lo cual los costos operativos se amortizan con la cantidad de pasajeros transportados. El modelo de concesiones permite a su vez lograr que dos o más empresas puedan competir entre sí en un mismo corredor, de manera que cada empresa cuente con incentivos adicionales para minimizar el costo operativo y maximizar el servicio de manera dinámica durante la vida de la concesión. Bajo este modelo, las eficiencias operativas que el concesionario pueda alcanzar mediante implementación de mejoras se traducen en mayores utilidades.
112. El proceso de transición hacia un esquema de BRT ha sido utilizado en algunas ciudades como una estrategia de política pública orientada a ordenar el resto de modalidades de transporte público. La adopción de medios de cobro más eficientes, el ordenamiento de rutas, implementación de rutas alimentadoras, la implementación de esquemas más productivos de operación son algunos de los esquemas que se han implementado en los corredores de BRT, pero tiempo después se han adaptado también al resto de los formatos de transporte, como sucedió en Johannesburgo o Curitiba. Adicionalmente, el ordenamiento urbano que requiere un corredor de BRT –*tanto en términos arquitectónicos como legales*- permite crear las bases para que, una vez que

el nivel de demanda lo requiera, el BRT migre hacia la implementación de sistemas más complejos de transporte y que den respuesta a mayor volumen de demanda diaria de pasajeros como tren ligero o metro.

113. A pesar de las virtudes que presenta el modelo *“Tronco-Alimentador”* denominado BRT la implantación de este modo de transporte de movilidad masiva en la *“Troncal Periférico Sur-Federalismo-Periférico Norte”* supone una serie de desventajas que podría llegar a poner en riesgo la factibilidad para la realización del proyecto, mismas que se detallan a continuación:

#### Complejidad Vial.

114. La zona proyectada para el derrotero del BRT paralelo a la Línea 1 requeriría cruzar la ciudad de norte a sur desde Tlaquepaque pasando por zonas densamente pobladas de Guadalajara y finalmente enlazar con periférico Norte en el municipio de Zapopan, por lo tanto la realización de un proyecto de esta magnitud registra un reto de ingeniería vial, así como de impacto a la circulación motorizada y no motorizada.
115. La implantación de esta alternativa de BRT supondría el desplazamiento de carriles viales actualmente utilizados por vehículos de transporte motorizado para confinarlos, lo cual agudizaría la problemática vial de la zona. Esta situación se podría revertir en caso que el aumento en demanda se canalizara en un modo de transporte el cual se desplazara sobre el derecho de vía férrea ya operado por SITEUR, el cual no perjudicaría la movilidad de transporte motorizado privado y público.

#### Análisis de Costo Anual Equivalente –CAE-.

116. A continuación se presenta un análisis comparativo mediante el uso de la metodología de Costo Anual Equivalente entre la alternativa base *–modernización y ampliación de la TLG-1-* y la implantación de un BRT. Si bien los costos de inversión en infraestructura son relativamente similares en ambos casos, la alternativa de BRT se descarta ya que presenta una significativa complejidad para su implantación y así mismo porque conlleva mayores costos sociales principalmente porque su velocidad media de operación no supera los 28 km/hm mientras que el tren prevé una velocidad de 40 km/h. Esta conclusión no resulta de una comparación generalizada entre ambos modos de transporte *–tren versus BRT-* sino que el resultado es únicamente aplicable en esta situación específica, en la cual la alternativa del tren ya cuenta con una gran inversión realizada en infraestructura *-la cual incluye un tramo subterráneo de doble vía de 6.6 Km-* y que adicionalmente dicha infraestructura se encuentra subutilizada. Si bien la alternativa del BRT genera un CAE ligeramente inferior al registrado por el Tren Ligero *-con 223.8 en comparación con 224.4, respectivamente-* se descarta la alternativa del BRT, ya que la implantación de este corredor supondría que la una serie de erogaciones como la eliminación de un carril vial por sentido, lo cual reduciría la velocidad promedio de vehículos motorizados, los cuales puede evitarse ya que se cuenta con la infraestructura ya realizada del tren. La implantación del BRT supondría la posibilidad de que su edificación resulte en mayores costos asociados y/o no proyectados como dificultades en el subsuelo, los cuales supondrían un posible incremento del CAE del BRT en comparación al del tren, lo cual no sucedería en el caso de la troncal ferroviaria. Finalmente, el análisis no incluye el costo por molestias durante la construcción, la cual en el caso del tren serían menores para los vehículos automotores privados y públicos, mientras que la opción del BRT trastocaría por espacio

de al menos un año las principales vialidades de la zona urbana tanto de sentido norte-sur como oriente-poniente, este costo por molestia resultaría en un mayor CAE del proyecto del BRT. La implantación de un proyecto alternativo de BRT bajo muy similares niveles de costo en comparación a una repotenciación del Tren resultaría sumamente costosa en términos políticos y sociales, ya que la zona urbana ya cuenta con una troncal de tren con características óptimas y subutilizada.

57

**Tabla 11 Parámetros para comparación del CAE entre BRT y Tren Ligero**

| Sistema de Transporte | Tramo Promedio Km | Velocidad promedio Km/h | Minutos Recorrido Promedio | Tiempo Integrado de Viaje | Pasajeros | Tiempo integrado de viaje diario (Horas) | Número de días | Tiempo integrado de viaje anual | Valor del tiempo | Monetización del tiempo |
|-----------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|--|----------------|---------------------------------|------------------|-------------------------|
| BRT                   | 5.62              | 28.0                    | 12.04                      | <b>12.04</b>              | 50,000    | 10,036                                   | 365            | 3,663,036                       | 22.73            | 83,260,802              |
| Tren Ligero           | 5.62              | 40.0                    | 8.43                       | <b>8.43</b>               | 50,000    | 7,025                                    | 365            | 2,564,125                       | 22.73            | 58,282,561              |

**24,978,241**

**CAE Alternativa BRT:**

**Tabla 12 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa BRT**

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| <b>Troncal (Km)</b>              | 16.5           |
| <b>Inversión infraestructura</b> | \$ 858,000,000 |
| <b>27 Buses de 18 m</b>          | \$ 108,000,000 |
| <b>Reposición Buses Año 10</b>   | \$ 108,000,000 |
| <b>Reposición Buses Año 20</b>   | \$ 108,000,000 |
| <b>Tiempo promedio Km</b>        | 5.62           |
| <b>Pasajeros</b>                 | 50,000         |
| <b>Número de días</b>            | 365            |
| <b>Valor del tiempo</b>          | 22.73          |
| <b>Crecimiento Demanda</b>       | 3.0%           |

**Tabla 13 Costo Anual Equivalente Alternativa BRT**

## COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

### Sistema Bus Rapid Transit

| AÑO                               | COSTOS TOTALES DEL AÑO |         |                    | TOTAL          | VPC            | CAE           |
|-----------------------------------|------------------------|---------|--------------------|----------------|----------------|---------------|
|                                   | INVERSIÓN              | BUSES   | COSTO VALOR TIEMPO |                |                |               |
| 0                                 | 858.000                | 108.000 |                    | 966.000        | 966.00         |               |
| 1                                 |                        |         | 83.261             | 83.261         | 74.34          |               |
| 2                                 |                        |         | 85.759             | 85.759         | 68.37          |               |
| 3                                 |                        |         | 88.331             | 88.331         | 62.87          |               |
| 4                                 |                        |         | 90.981             | 90.981         | 57.82          |               |
| 5                                 |                        |         | 93.711             | 93.711         | 53.17          |               |
| 6                                 |                        |         | 96.522             | 96.522         | 48.90          |               |
| 7                                 |                        |         | 99.418             | 99.418         | 44.97          |               |
| 8                                 |                        |         | 102.400            | 102.400        | 41.36          |               |
| 9                                 |                        |         | 105.472            | 105.472        | 38.03          |               |
| 10                                |                        | 108.000 | 108.636            | 216.636        | 69.75          |               |
| 11                                |                        |         | 111.896            | 111.896        | 32.17          |               |
| 12                                |                        |         | 115.252            | 115.252        | 29.58          |               |
| 13                                |                        |         | 118.710            | 118.710        | 27.21          |               |
| 14                                |                        |         | 122.271            | 122.271        | 25.02          |               |
| 15                                |                        |         | 125.939            | 125.939        | 23.01          |               |
| 16                                |                        |         | 129.718            | 129.718        | 21.16          |               |
| 17                                |                        |         | 133.609            | 133.609        | 19.46          |               |
| 18                                |                        |         | 137.617            | 137.617        | 17.90          |               |
| 19                                |                        |         | 141.746            | 141.746        | 16.46          |               |
| 20                                |                        | 108.000 | 145.998            | 253.998        | 26.33          |               |
| 21                                |                        |         | 150.378            | 150.378        | 13.92          |               |
| 22                                |                        |         | 154.890            | 154.890        | 12.80          |               |
| 23                                |                        |         | 159.536            | 159.536        | 11.77          |               |
| 24                                |                        |         | 164.322            | 164.322        | 10.83          |               |
| 25                                |                        |         | 169.252            | 169.252        | 9.96           |               |
| 26                                |                        |         | 174.330            | 174.330        | 9.16           |               |
| 27                                |                        |         | 179.560            | 179.560        | 8.42           |               |
| 28                                |                        |         | 184.946            | 184.946        | 7.74           |               |
| 29                                |                        |         | 190.495            | 190.495        | 7.12           |               |
| 30                                |                        | 108.000 | 196.210            | 304.210        | 10.15          |               |
| Cantidades en MDP - sin impuestos |                        |         |                    | <b>5251.17</b> | <b>1865.74</b> | <b>223.89</b> |

Fuente: elaborado por Rehovot

### CAE Alternativa Repotenciación Tren Línea TLG-1

Tabla 14 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa Tren Ligero

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| <b>Inversión Infraestructura</b> | \$ 888,000,000 |
| <b>Trenes Año 0</b>              | \$ 144,000,000 |
| <b>Trenes Año 1</b>              | \$ 315,000,000 |

Tabla 15 Costo Anual Equivalente alternativa Tren Ligero

## COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

### Tren Ligero

| AÑO                               | COSTOS TOTALES DEL AÑO |         |                    | TOTAL          | VPC            | CAE           |
|-----------------------------------|------------------------|---------|--------------------|----------------|----------------|---------------|
|                                   | INVERSIÓN              | TRENES  | COSTO VALOR TIEMPO |                |                |               |
| 0                                 | 532.800                | 144.000 |                    | 676.800        | 676.80         |               |
| 1                                 | 355.200                | 315.000 | 58.283             | 728.483        | 650.43         |               |
| 2                                 |                        |         | 60.031             | 60.031         | 47.86          |               |
| 3                                 |                        |         | 61.832             | 61.832         | 44.01          |               |
| 4                                 |                        |         | 63.687             | 63.687         | 40.47          |               |
| 5                                 |                        |         | 65.598             | 65.598         | 37.22          |               |
| 6                                 |                        |         | 67.565             | 67.565         | 34.23          |               |
| 7                                 |                        |         | 69.592             | 69.592         | 31.48          |               |
| 8                                 |                        |         | 71.680             | 71.680         | 28.95          |               |
| 9                                 |                        |         | 73.831             | 73.831         | 26.62          |               |
| 10                                |                        |         | 76.046             | 76.046         | 24.48          |               |
| 11                                |                        |         | 78.327             | 78.327         | 22.52          |               |
| 12                                |                        |         | 80.677             | 80.677         | 20.71          |               |
| 13                                |                        |         | 83.097             | 83.097         | 19.04          |               |
| 14                                |                        |         | 85.590             | 85.590         | 17.51          |               |
| 15                                |                        |         | 88.158             | 88.158         | 16.11          |               |
| 16                                |                        |         | 90.802             | 90.802         | 14.81          |               |
| 17                                |                        |         | 93.526             | 93.526         | 13.62          |               |
| 18                                |                        |         | 96.332             | 96.332         | 12.53          |               |
| 19                                |                        |         | 99.222             | 99.222         | 11.52          |               |
| 20                                |                        |         | 102.199            | 102.199        | 10.59          |               |
| 21                                |                        |         | 105.265            | 105.265        | 9.74           |               |
| 22                                |                        |         | 108.423            | 108.423        | 8.96           |               |
| 23                                |                        |         | 111.675            | 111.675        | 8.24           |               |
| 24                                |                        |         | 115.026            | 115.026        | 7.58           |               |
| 25                                |                        |         | 118.476            | 118.476        | 6.97           |               |
| 26                                |                        |         | 122.031            | 122.031        | 6.41           |               |
| 27                                |                        |         | 125.692            | 125.692        | 5.89           |               |
| 28                                |                        |         | 129.462            | 129.462        | 5.42           |               |
| 29                                |                        |         | 133.346            | 133.346        | 4.98           |               |
| 30                                |                        |         | 137.347            | 137.347        | 4.58           |               |
| Cantidades en MDP - sin impuestos |                        |         |                    | <b>4119.82</b> | <b>1870.31</b> | <b>224.44</b> |

Fuente: elaborado por Rehovot

## iv. Situación con el Programa o Proyecto de Inversión

### a) Descripción general

117. El proyecto consiste en la repotenciación, modernización y ampliación de capacidad de una línea de Transporte Masivo ya existente denominada Línea TLG-1, la cual opera desde 1989 bajo la modalidad de un Sistema Tren Eléctrico Urbano y actualmente registra signos de obsolescencia en sus sistemas y saturación de su capacidad de movilizar mayor demanda.
118. El proyecto busca transformar la actual Línea TLG-1 de un sistema troncal con alimentación natural hacia un sistema “Tronco-Alimentador” el cual permita maximizar la capacidad instalada de la infraestructura actual así como incrementar el beneficio social mediante una solución de transporte, más rápida, más eficiente y menos contaminante.
119. El proyecto se ubica en la infraestructura actual de TLG-1, la cual inicia su trazo desde la estación Periférico Sur ubicada en el municipio de Tlaquepaque, posteriormente cruza el municipio de Guadalajara y finaliza en la estación Periférico Norte, la cual se ubica en el municipio de Zapopan. El proyecto incluye un derrotero de 15.5 km de longitud, actualmente existente en Línea 1 de SITEUR, aunado a un kilómetro nuevo de doble vía, el cual conectaría la actual Terminal Periférico Norte con la nueva Terminal Norte, por lo cual el proyecto tendría una extensión de 16.5 km. El proyecto contempla la remodelación y ampliación de 18 estaciones existentes, así como dos terminales de transferencia para los buses alimentadores en ambos extremos de la línea, una de estas estaciones –*Terminal Norte*- se construiría completamente nueva como parte del proyecto. El proyecto contempla la repotenciación de 12 trenes dobles –*actualmente en servicio*-, así como la adquisición de 9 carros adicionales en 2014 y un igual número de trenes en 2022 y 2033. Sin embargo, la situación con proyecto se plantea una nueva configuración de trenes triples, lo cual aumentaría la velocidad, sin embargo para implantar esta acción resulta necesario incrementar la dimensión de las plataformas de 60 metros –*Situación Actual*- a 90 metros –*Situación con Proyecto*-
120. El propósito de proyecto está orientado principalmente a brindar una solución de movilidad integral a la ZMG que permita revertir la mayor parte de las problemáticas identificada en el contexto de la situación actual y la situación optimizada, que permita tener una mayor oferta de transporte público que agilice la circulación de forma efectiva, con calidad en el servicio y rapidez, que permita ser atractivo y una opción competitiva de traslado con respecto al uso particular del automóvil.
121. Los resultados inmediatos que se espera lograr con la ejecución del proyecto cumplen el propósito de hacer más seguro y eficiente el movimiento de personas, logrando que contribuyan a alcanzar el objetivo del proyecto mencionado y se detallan a continuación:
122. El propósito del proyecto consiste en brindar una solución de movilidad integral que permita revertir la mayor parte de las problemáticas identificadas en el contexto de la situación actual y de la situación optimizada del corredor “Concepción - Periférico Norte” –*también denominado “Línea 3 o L-3”*. Con base a la evidencia empírica nacional e internacional sobre los resultados de la implantación de modelos “Tronco-Alimentadores” de transporte masivo se detallan los siguientes puntos referentes a cómo puede contribuir el proyecto al logro del propósito de reducir la problemática de movilidad en dicha troncal de la ZCG.

- i. Incremento de la velocidad promedio de la Troncal “Periférico Sur- Federalismo- Periférico Norte”. El aprovechamiento del derecho ferroviario con que ya cuenta SITEUR en el trazo de la Línea TLG-1 para incrementar las velocidades operativas, esto con consecuentes beneficios para la población aunado a una mayor eficiencia en consumo de combustibles y reducción de emisiones contaminantes. El incremento de velocidad permite una ganancia de la sociedad al reducir el costo de traslado de los usuarios. Adicionalmente, el incremento de velocidades permite obtener reducción de costos operativos en el largo plazo. La ganancia en tiempo permite incrementar la competitividad de la ciudad, así como también elevar la calidad de vida de las familias.
- ii. Incrementar la eficiencia operativa. El diseño de la troncal TLG-1 registra una mayor eficiencia operativa en comparación con el actual modelo de “Hombre-Camión” que satisface actualmente el nivel de demanda de usuarios que no puede ser absorbida actualmente por las condiciones restrictivas de la infraestructura. Este esquema permite una transición de un sistema caótico y altamente ineficiente provocado por los esquemas ineficientes de “Hombre-Camión” hacia un sistema eficiente, ordenado y el cual generalmente brinda un mejor servicio y mayor eficiencia. La reducción de la oferta de unidades de transporte sobre un mismo corredor vial y el mantenimiento del mismo nivel de demanda de pasajeros –*en ocasiones la demanda es superior bajo el esquema de Articulado por la elasticidad a un menor precio a una mejor calidad en el servicio*- permite que las unidades de TEU incrementen el promedio de Índice de Pasajeros por Kilómetro –IPK- por hora-sentido, actualmente el IPK de la troncal es inferior a 2 – bajo el modelo de bus convencional- y mediante la implantación del proyecto se pretende elevar a un índice superior a 8. El nivel de oferta y demanda de transporte generalmente alcanza un punto en el vértice, cuya combinación de una disminución de costos y aumento en demanda genera mayor eficiencia al sistema en su conjunto. Como consecuencia, este tipo de modelo de negocio generalmente alcanza una mayor rentabilidad en comparación con un escenario de transporte caótico y pulverizado caracterizado por una *canibalización* de la demanda y un exceso de oferta de transporte.
- iii. Reducción de la Atomización de la Oferta. El proyecto plantea una absorción de mayor demanda mediante la ampliación de la capacidad de tren, lo cual se traduce en un cambio modal de manera que el conjunto de unidades de baja capacidad de transporte sean sustituidas por un número significativamente menor de unidades de gran capacidad, bajo la modalidad de TEU, lo cual permite reducir e incluso eliminar la atomización de la oferta, sin menoscabo de la provisión del servicio. Privilegiar al transporte colectivo, proporcionando infraestructura especializada por medio del aprovechamiento de derechos de vía ferroviaria, aumentando las velocidades de operación para las rutas troncales, y acondicionando el acceso a colonias populares mediante rutas alimentadoras.
- iv. Incremento de la calidad y seguridad del servicio. Los sistemas de TEU mantienen una vinculación entre la calidad del servicio y la seguridad operativa, esto lo demuestra la evidencia empírica en más de 20 años de operación de este tipo de sistemas en la ZCG con reducida siniestralidad en este modo de transporte. Así mismo el Tren Ligero Urbano registra una abrumadora preferencia en la encuestas de calidad de servicio sobre cualquier otro tipo de transporte masivo en la ZCG.
- v. Priorizar el transporte público de pasajeros en la Zona Conurbada de Guadalajara sin menoscabo del transporte motorizado privado. Si bien el crecimiento de vehículos motorizados privado registra tasas significativamente superiores al crecimiento promedio de la población y esto ejerce presión para crear infraestructura vial que aminore los congestionamientos, la política pública en materia

de transporte debe guardar un equilibrio en la creación de infraestructura de transporte público. La implantación de un modelo de transporte público seguro, rápido, económico, cómodo envía señales al mercado para tender a reducir e incluso revertir la tasa de motorización de vehículos automotores privados, la cual la ZMG registra uno de los niveles más altos a nivel nacional, como consecuencia una deficiente política de movilidad de transporte público.

- 62
- vi. Reducir las emisiones contaminantes. Un objetivo fundamental del proyecto consiste en crear condiciones para que las mismas necesidades de movilidad puedan realizarse mediante un menor nivel de emisiones causantes de gases efecto invernadero. Esta acción permitirá contribuir a reducir los efectos del calentamiento global, así como incrementar la calidad del aire en beneficio de los mismos operadores y usuarios del transporte. Finalmente, este objetivo se alinea con el esfuerzo voluntario de México en la *COP 16/CMP6* de cumplir con una meta de reducción de toneladas de carbón sobre la línea base al 2050. La reducción de Gases Efecto Invernadero –*GEI*- a través de los TEU's se basa en el incremento de Índice de Pasajeros por Kilómetro –*IPK*- y si bien la electricidad necesaria para su operación motriz generalmente proviene de una fuente contaminante de energía fósil, este tipo de plantas –*en su mayoría a gas natural de ciclo combinado*- por una parte no generan emisiones en la ciudad y por otra parte registran un mayor nivel de eficiencia operativa que las unidades de transporte motorizado público.
  - vii. Reducir el costo de transporte de los usuarios. En el largo aliento un modelo ineficaz de transporte público tenderá a incrementar las tarifas que los usuarios pagan por el transporte, esto sin menoscabo a un incremento tanto de la seguridad como en la calidad del servicio. La ciudades en México han experimentado en los últimos años un fenómeno perverso para la economía de los usuarios, ya que la tarifa se ha convertido en el punto de fuga para mantener la factibilidad financiera de los sistemas de transporte ineficientes, los cuales no crean los incentivos intrínsecos para resolver las ineficiencia operativas, ya que los desajustes de costos de la oferta de transporte son resueltos mediante incrementos constantes a la tarifa de los servicios. Adicionalmente, un deficiente diseño de rutas contribuirá a incrementar el costo del trayecto integral a los usuarios que requieran de transbordar. En este contexto, un objetivo prioritario del proyecto consiste en diseñar una solución que tienda a reducir el costo del transporte para los usuarios.
  - viii. Adecuar la oferta de transporte público en función al estudio de Encuesta de Origen –Destino. Un objetivo del proyecto consiste en vincular los derroteros de la troncal “*Periférico Sur- Federalismo-Concepción-Periférico Norte*” con los requerimientos del origen y destino de la demanda. Definir los puntos de transbordo de los usuarios, ubicándolos en los puntos factibles con terminales de alimentación y paraderos de transferencia, implementando un sistema tronco–alimentador, con penalizaciones mínimas en la transferencias de los usuarios, en lugar del modelo actual que se define como un sistema troncal sin alimentación.
  - ix. Reducir el consumo de combustibles fósiles. El proyecto tiene el objetivo de diseñar un modelo de movilidad que anticipe un escenario urbano con escasez de hidrocarburos. Este objetivo plantea la reducción del uso de combustibles fósiles como una estrategia de seguridad energética y de sustentabilidad ambiental. El cambio modal implica una sustitución del motor a combustión interna de los buses convencionales a un motor eléctrico del tren.

- x. Modernización de 15.5 km de la línea de tren eléctrico existente. Uno de los propósitos de la implantación del proyecto consiste en maximizar la utilización de la Línea 1 del Tren Eléctrico Urbano, la cual registra actualmente indicios evidentes de obsolescencia y subutilización.

#### Resultados de Movilidad Esperados.

- Facilitar el acceso con un mejoramiento en el servicio que brinda la infraestructura en transporte público de la Zona Metropolitana de Guadalajara.
- Satisfacer de manera óptima la demanda existente de transporte público, mediante un sistema de transporte eficiente.
- Articular el sistema de rutas alimentadoras a los demás puntos generados y atractores de viajes.
- Determinar la mejor trayectoria y los puntos de transferencia intermedios de mejor funcionamiento.
- Implantar las mejores condiciones de políticas de servicio (horas de operación, distancias de recorrido a pie, número de transferencias, entre otras).
- Mejorar la accesibilidad de los usuarios al transporte público.
- Atraer usuarios de otros modos de transporte.
- Priorizar el transporte público de pasajeros en la zona conurbada de Guadalajara sin menoscabo del transporte motorizado privado
- Reducción de la duración de viaje promedio.
- Ampliar la participación del transporte público en la división modal.

#### Resultados sociales:

- Incremento en la calidad de vida.
- Elevar la salud pública
- Incrementar la accesibilidad del modo de transporte público.
- Adecuar la oferta de transporte público en función de las necesidades de la población de la ZMG
- Incrementar el número de beneficiarios del transporte público
- Mejorar la calidad del servicio a los usuarios.
- Aumentar la seguridad vial y pública

#### Resultados económicos:

- Reducir los costos operativos en los que incurre el transporte urbano por la falta de infraestructura que cubra la demanda de los usuarios y permita migrar al modo de transporte público.
- Elevar el costo efectividad del transporte urbano
- Incrementar la competitividad, reduciendo los costos de traslado a los usuarios
- Generar un sistema eficiente en el que la tarifa cubra la totalidad de los costos y evite subsidios públicos.
- Reducir tiempo de viajes de usuarios de transporte público y privado.
- Disminuir los costos de operación actuales.

Resultados ambientales:

- Generar beneficios ambientales con la reducción de contaminantes.
- Reducir el consumo de combustibles fósiles
- Reducir los niveles de contaminación.
- Reducir la emisión de los GEI

Resultados imagen urbana:

- Transformar el desarrollo urbano de la ZMG, consolidando su ordenamiento.
- Mejorar la calidad de los espacios públicos.
- Eficientar la infraestructura y derechos de vía con los que ya se cuenta
- Modernizar la imagen urbana
- Favorecer la reestructuración de rutas de transporte público, acorde con los patrones de viajes y con la estructura urbana actual y futura.

Componentes del Corredor

123. El proyecto conectará la movilidad de los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá; así mismo, el modelo de movilidad está diseñado para interactuar con otros modos de transporte tendrá una longitud total de 16.5 kilómetros de vía férrea en ambos sentidos, contará con 18 estaciones de abordaje y dos terminales “Terminal Norte” y la Terminal periférico Sur –un total de 20 puntos de ascenso y descenso-.

124. En la tabla inferior se presenta el recorrido del corredor por tramo y su longitud total:

**Tabla 16 Recorrido del proyecto por tramo dirección Sur-Norte**

| Tramo Sur 6.56 Km    |                    |          |
|----------------------|--------------------|----------|
| Tramos               | Estación           | Longitud |
| 1                    | Periférico Sur     |          |
| 2                    | Tesoro             | 0.93     |
| 3                    | España             | 1.07     |
| 4                    | Patria Sur         | 0.73     |
| 5                    | Isla Raza          | 0.82     |
| 6                    | 18 de Marzo        | 0.88     |
| 7                    | Andrés de Urdaneta | 0.55     |
| 8                    | Unidad Deportiva   | 0.76     |
| 9                    | Santa Filomena     | 0.82     |
| Tramo Centro 4.66 Km |                    |          |
| Tramos               | Estación           | Longitud |
| 10                   | Washington         | 0.88     |
| 11                   | Mexicaltzingo      | 0.92     |
| 12                   | Juárez             | 0.82     |
| 13                   | El Refugio         | 0.76     |
| 14                   | Mezquitán          | 0.58     |

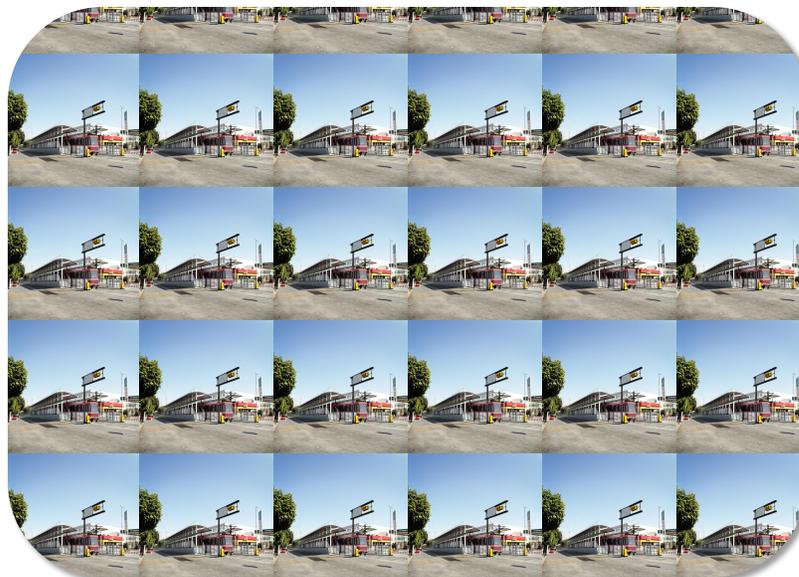
| Tramo Norte 5.32 Km |                    |          |
|---------------------|--------------------|----------|
| Tramos              | Estación           | Longitud |
| 15                  | Ávila Camacho      | 0.88     |
| 16                  | División del Norte | 0.82     |
| 17                  | Atemajac           | 0.73     |
| 18                  | Dermatológico      | 1.07     |
| 19                  | Periférico Norte   | 0.93     |
| 20                  | Terminal Norte     | 1.0      |

Fuente: elaborado por Rehovot con información de SITEUR

Obra civil Estaciones

125. Extensión de andenes laterales y sus respectivas techumbres, que se deberá llevar a cabo de tal forma que el equipamiento de las estaciones a lo largo de los 30 m se desarrolle con criterio similar al existente en lo referente a obra civil, electromecánica y exterior, en 8 estaciones del tramo superficial. Costo de inversión igual a 144 MDP.
126. Extensión de andenes laterales, que se deberá llevar a cabo de tal forma que el equipamiento de las estaciones a lo largo de los 30 m se desarrolle con criterio similar al existente en lo referente a obra civil, electromecánica y exterior, en 7 estaciones del tramo subterráneo. Costo de inversión igual a 63 MDP.

Ilustración 27 Terminal Norte



127. Extensión y construcción de estación terminal nueva en Periférico Norte frente al Centro Comercial Chedraui, entre las Av. Luis Quintero y González Gallo, con 2 vías, cola de maniobra y de estacionamiento de trenes hasta la Av. González Gallo. La construcción de una nueva terminal en el extremo norte de la troncal se justifica por las siguientes tres situaciones: (i) Alimentación de la Troncal, la ubicación de la actual Terminal Periférico no registra espacio suficiente para incorporar

un esquema de transferencia para buses de alimentación, lo cual supone un grave problema ya que dicha terminal es uno de los principales atractores de viaje. (ii) Eficiencia operativa, la actual Terminal Periférico no cuenta con espacio suficiente para incorporar una Cola de Maniobras, lo cual dificulta el proceso de retorno de trenes. (iii) Vinculación Demanda, la zona norte del Periférico se encierra densamente poblada, por lo cual la extensión de un kilómetro adicional en el extremo norte supondrá vincular el derrotero de la Línea TLG-1 con las necesidades de la demanda. La nueva Terminal Norte tiene por objeto resolver las tres problemáticas antes expuestas – *Alimentación de la Troncal, Eficiencia Operativa y vinculación con la demanda*- Costo de inversión igual a 154 MDP.

**Extensión y construcción de estación terminal nueva en Periférico Norte que se podría denominar “Jardines del Porvenir” frente al Centro Comercial Chedraui, entre las Av. Luis Quintero y González Gallo, con 2 vías, 2 andenes, cola de maniobra y de estacionamiento de trenes hasta la Av. González Gallo.**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Vías ,catenaria y señalización (711 mts.)</b>   | 40  |
| <b>Construcción de la Nueva Estación Terminal Norte y cola de maniobras (437mts)</b>                                     | 45  |
| <b>Adecuación de la Terminal Actual en Periférico Norte</b>  | 15  |
| <b>Túnel "Cut end Cover" (105 mts.)</b>  | 54  |
| <b>Obras inducidas e indirectos (reubicación de líneas de alta tensión, adaptación de colectores y drenajes y otros)</b> | 50  |
| <b>TOTAL EN MDP</b>  | 154 |

128. A lo largo del corredor existirán 18 estaciones de abordaje, las cuales se han diseñado funcionalmente para atender la demanda, mismas que se pretenden incrementar su capacidad de 60 metros a 90 metros, esto con la intención de que la troncal pueda operar con configuraciones de trenes superiores a 2 carros por tren.
129. En los extremos de la Línea se ubicaran las dos terminales, la Estación Norte se construirá completamente –*ya que se recorrerá un kilómetro del extremo norte actual denominado Terminal Periférico Norte*-, mientras que el proyecto incluye la remodelación de la terminal Periférico Sur.
130. Según las características, capacidad y funcionalidad de las estaciones y paradas, se presentan clasificadas en la tabla inferior.

**Tabla 17 Tipos de estaciones en el corredor**

| Tipo de estaciones |        | Cantidad |
|--------------------|--------|----------|
| Superficie         | Dobles | 12       |
| Túnel              | Dobles | 7        |

Fuente: Sistema de Tren Eléctrico Urbano

131. Los requisitos más importantes que se consideraron en la construcción de estaciones son los siguientes: control de acceso de los usuarios, cobro de pasaje antes del acceso al tren, área para venta de pasajes (tarjetas), puertas para control de acceso a autobuses, ventilación, iluminación interna y externa, acceso de personas con movilidad restringida, sistema de información

electrónica de paso de trenes, identificación externa de la estación (simbólica), accesos peatonales seguros, árboles fuera de las estaciones para crear un microclima local y parqueo para bicicleta.

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

**Tabla 18 Tipos de estaciones en el corredor**  
**Estaciones de Tren Eléctrico Línea 1**

| Nombre                    | Tipo de estación   | Calle               | Entre calles   |
|---------------------------|--------------------|---------------------|--|
| <b>Periférico Sur</b>     | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Periférico Sur Manuel Gómez Morín                        |
| <b>Tesoro</b>             | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Calle Paseo de los Balcones y Calle Coatlan              |
| <b>España</b>             | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Calle Isla Terranova y Av. Jaime Torres Bodet            |
| <b>Patria Sur</b>         | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Av. Patria y Calle Isla Izaro                            |
| <b>Isla Raza</b>          | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Calle Ramón Alcorta y Av. Isla Raza                      |
| <b>18 de Marzo</b>        | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Calle Isla Palma y Palma Sola                            |
| <b>Andrés de Urdaneta</b> | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Av. Fray Andrés de Urdaneta y Reyes Católicos            |
| <b>Unidad Deportiva</b>   | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Calle Isla Barlovento y Calle Larabida                   |
| <b>Santa Filomena</b>     | Doble - Superficie | Av. Cristóbal Colón | Calle Pino y Calle Fresno                                |
| <b>Washington</b>         | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Calle España y Circunvalación Agustín Yáñez              |
| <b>Mexicaltzingo</b>      | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Calle Mexicaltzingo y Calle Vidrio                       |
| <b>Juárez</b>             | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Av. Juárez (Pedro Moreno y López Cotilla)                |
| <b>El Refugio</b>         | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Calle Herrera y Cairo y Calle Joaquín Angulo             |
| <b>Mezquitán</b>          | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Av. De los Maestros y Calle José María Vigil             |
| <b>Ávila Camacho</b>      | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Av. Ávila Camacho  |
| <b>División del Norte</b> | Doble - Túnel      | Av. Federalismo     | Circunvalación División del Norte                        |
| <b>Atemajac</b>           | Doble - Superficie | Av. Federalismo     | Av. Patria y Justo Sierra                                |
| <b>Dermatológico</b>      | Doble - Superficie | Av. Federalismo     | Calle Aldama (Ramón Corona) y Calle Ricardo Flores Magón |
| <b>Periférico Norte</b>   | Doble - Superficie | Av. Federalismo     | Periférico Norte Manuel Gómez Morín                      |

Fuente: Sistema de Tren Eléctrico Urbano

### Suministro Control de Energía y Catenaria

133. 8 Subestaciones de tracción 750 Vcc con transformadores de tracción de 2500 KVA, 23 kV/0,58 kV, 60 Hz, conexión Dy y Dd, serán de tipo interior, secos con encapsulamiento en resina sintética, los tableros de 23 kV contendrán los interruptores y los equipos de protección y medición requeridos para la alimentación de la subestación de tracción. Costo de inversión igual a 42 MDP
134. Sistema de alimentación en anillo de cables de alimentación de 23 kV cruzado. Costo de inversión igual a 1 MDP

68

### Suministro Control de Trenes

135. Mando Centralizado incluye todo el software y hardware necesario para llevar a cabo las siguientes funciones: La supervisión automática del tráfico de trenes, la supervisión de la energía de tracción, la comunicación con los agentes de conducción, la comunicación con el personal de operación en estaciones, la supervisión de la seguridad en las instalaciones, y la supervisión del funcionamiento de sistemas ferroviarios. Costo de inversión igual a 109 MDP
136. Sistemas de señalización, dividido en tres rubros, que son: En la vía: señalización de apoyo en seguridad, a bordo: monitoreo de la velocidad, en PCL: información de localización de trenes en tiempo real. Costo de inversión igual a 145 MDP
137. Control de trenes CBTC (Communication Based Train Control), es un sistema de control continuo de trenes usado en transporte ferroviario Metropolitano, que utiliza una localización de la ubicación del tren de alta resolución e independiente de los circuitos de vía, comunicaciones bidireccionales de datos tren – tierra de alta capacidad y procesadores a bordo del tren y en la vía con la capacidad de implementar funciones vitales. Costo de inversión igual a 29 MDP
138. El sistema SCADA Central permitirá la supervisión en tiempo real de los equipos que permiten la energización de la catenaria en la Línea 1, así como la supervisión de las instalaciones y de los equipos que forman parte de la infraestructura ferroviaria de esta Línea, deberá ser confiable y de alta disponibilidad, permitiendo su crecimiento y adaptación para futuras ampliaciones de las Líneas 1, 2 y 3. Por lo anterior este sistema deberá apegarse a las políticas y filosofías RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Scalability). Costo de inversión igual a 34 MDP
139. Los trenes serán del tipo Metro Ligero con rodado férreo, conformadas por carros individuales en formaciones de 1, 2, 3 y eventualmente hasta 5 carros, compatibles operacionalmente con los trenes y las instalaciones actualmente existentes en las líneas 1 y 2 de SITEUR. La incorporación de carros adicionales se realizará directamente y sin cambios mayores. Se preverá lo necesario en lo que respecta a reservas de potencia en los equipos alimentadores de energía, de manera de permitir esta incorporación sin restricciones.

### Telecomunicaciones.

140. Telefonía directa y automática debe ser en un sistema IP PBX (PABX- Internet Protocol Private Branch Exchange). El sistema PABX deberá ser diseñado considerando una operación continua (las 24hrs los 365 días del año), con una capacidad de un mínimo de 1000 conexiones telefónicas y una capacidad de expansión a 3000 sin degradar su funcionamiento. Así mismo el sistema deberá permitir su administración local y remota desde el PCL a través de una interfaz sencilla y amigable. Costo de inversión igual a 28 MDP.
141. Red de cableado y fibra óptica, deberán ser en la medida de lo posible conexiones de Fibra Óptica tendida a lo largo de la Línea, en donde esto no sea posible, tales como redes de área local (LAN por sus siglas en inglés) dentro de edificios administrativos o técnicos, el uso de cableado Ethernet (CAT) será requerido, así mismo se prevé el uso pertinente de Fieldbuses (redes de campo) en donde sean requeridos. Se requiere de un anillo redundante de fibra óptica independiente para cada Línea. Los anillos redundantes de Fibra Óptica monomodo y tecnología Ethernet/IP a 1Gbps, con la capacidad de crecer en el futuro a 10Gbps. El CFO requerido es de 48 Fibras. Así mismo cada Línea contará con redes de área local respectivas a la Línea en cuestión. Costo de inversión igual a 89 MDP.

### Obras Inducidas e indirectas

142. Reubicación de líneas de alta tensión, restablecimiento y continuidad de redes de agua, alcantarillado etc, el costo estimado para este concepto asciende a 50 MDP, de los cuales 20 MDP corresponden a movimientos de líneas de alta tensión, 15 MDP a movimientos de colectores y drenajes y los restantes 15 MDP clasificados como otros conceptos.

### Material Rodante

143. Los trenes serán del tipo Metro Ligero con rodado férreo, conformadas por carros individuales en formaciones de 1, 2 ,3 y eventualmente hasta 5 carros, compatibles operacionalmente con los trenes y las instalaciones actualmente existentes en las líneas 1 y 2 de SITEUR. La incorporación de carros adicionales se realizará directamente y sin cambios mayores. Se preverá lo necesario en lo que respecta a reservas de potencia en los equipos alimentadores de energía, de manera de permitir esta incorporación sin restricciones.

#### **b) Alineación estratégica**

144. El objetivo específico del proyecto consiste en reducir los altos Costos Generalizados de Viaje –COV y *Tiempo*-, así como las deficiencias de movilidad que esta problemática conlleva como reducción del poder adquisitivo de los usuarios, reducción de emisiones de gases efecto invernadero, incentivo a la expansión del transporte motorizado privado, esto a través de la implantación de un modelo el cual permita eficientar la infraestructura actual de la Línea TLG-1.
145. El objetivo del proyecto es coadyuvar con el cumplimiento del Programa Nacional de Infraestructura 2007 – 2012 en el Sector de comunicaciones y transportes, dentro del programa de apoyo federal al transporte masivo (PROTRAM), el cual establece las siguientes premisas:

- Promover que la infraestructura y los servicios que se ofrezcan sean más eficientes y satisfagan de mejor forma las demandas sociales.
- Garantizar el acceso y ampliar la cobertura de infraestructura y servicios de transporte y comunicaciones, tanto a nivel nacional como regional, a fin de que los mexicanos puedan comunicarse y trasladarse de manera ágil y oportuna a nivel nacional e internacional.
- La solución al problema de transporte urbano, exige la implantación de políticas integrales que fomenten una movilidad urbana sustentable, que contemplen medidas para racionalizar el uso ineficiente del automóvil privado y ofrezcan como alternativa un transporte público rápido, eficiente, cómodo y accesible, mediante un sistema integrado tronco-alimentador, basado en proyectos de infraestructura de transporte masivo en corredores troncales con una visión estratégica de largo plazo, como en los numerosos casos de éxito a nivel internacional.
- La urbanización de México con una fuerte concentración hacia las ciudades grandes y medianas, ha provocado que en la actualidad más del 50% de la población viva en ciudades de más de 500 mil habitantes, donde se genera la mayoría del crecimiento económico y empleos. Sin embargo, es también en estas ciudades donde aumentan más los problemas de pobreza y se generan nuevas necesidades de servicios públicos e infraestructura para la movilización de vehículos y personas.
- El crecimiento de la población y de la mancha urbana en estas ciudades, asociado a una acelerada motorización, con un uso excesivo de los automóviles particulares, especialmente en horas pico, combinado con un transporte público ineficiente, de mala calidad, desarticulado, desorganizado y mezclado en el tráfico en la mayoría de las ciudades, está generando un problema de movilidad urbana insostenible.
- La solución al problema de transporte urbano, exige la implantación de políticas integrales que fomenten una movilidad urbana sustentable, que contemplen medidas para racionalizar el uso ineficiente del automóvil privado y ofrezcan como alternativa un transporte público rápido, eficiente, cómodo y accesible mediante un sistema integrado tronco-alimentador, basado en proyectos de infraestructura de transporte masivo en corredores troncales con una visión estratégica de largo plazo, como en los numerosos casos de éxito a nivel internacional.
- En la mayoría de estas ciudades, para hacer viable financieramente estos proyectos de infraestructura para transporte masivo, se requiere apoyo federal para completar los recursos de las autoridades locales y facilitar la posibilidad de que participen inversionistas privados.
- Considerando lo anterior, el señor Presidente de la República, instruyó que en el marco del Programa Nacional de Infraestructura, se instrumente a través del FONDO un programa de apoyo federal para fomentar la realización de proyectos de transporte urbano masivo en las principales ciudades del país, que les permita resolver el problema de movilidad para

propiciar su desarrollo sustentable con una mayor productividad y una mejor calidad de vida para sus habitantes.

- El FONDO, tiene como fin principal el de promover y fomentar la participación de los sectores público, privado y social en el desarrollo de infraestructura y servicios públicos, mediante la realización de inversiones y el otorgamiento de Apoyos Recuperables y, en su caso, a través de la contratación de garantías a proyectos financieramente viables, así como Apoyos No Recuperables a proyectos rentables socialmente.

El proyecto es compatible con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 en los siguientes términos:

### **Infraestructura para el desarrollo**

146. El objetivo primordial del Plan Nacional de Desarrollo en esta materia es incrementar la cobertura, calidad y competitividad de la infraestructura, de modo que al final de la presente administración, México se ubique entre los veinte países líderes en infraestructura de acuerdo a la evaluación del Foro Económico Mundial.

147. Para ello, la estrategia que se propone incluye las siguientes acciones:

- Elaborar un Programa Especial de Infraestructura, en donde se establezca una visión estratégica de largo plazo, así como las prioridades y los proyectos estratégicos que impulsará la presente administración en los sectores de comunicaciones y transportes, energía, agua y turismo, logrando un mayor acceso de estos servicios a la población, sobre todo en regiones de menor desarrollo.
- Promover que la infraestructura y los servicios que se ofrezcan sean más eficientes y satisfagan de mejor forma las demandas sociales.
- Fortalecer las áreas de planeación de las dependencias y entidades gubernamentales, así como la capacidad institucional para identificar, formular y preparar proyectos de inversión.
- Asignar más recursos e incorporar las mejores prácticas en los procesos de preparación, administración y gestión de los proyectos de infraestructura.
- Impulsar un mayor uso de las metodologías de evaluación, para asegurar la factibilidad técnica, económica y ambiental de los proyectos.
- Facilitar los procedimientos para la adquisición de derechos de vía y simplificar los trámites para la obtención de autorizaciones en materia ambiental, respetando siempre los derechos y el patrimonio de las comunidades locales y la ecología.
- Brindar mayor certidumbre jurídica para promover una mayor participación del sector privado en el desarrollo de la infraestructura y perfeccionar los esquemas de financiamiento para potenciar la inversión en el sector.

- Simplificar los procedimientos de contratación para la realización de las obras de infraestructura, incluyendo, en su caso, la homologación de los requisitos de participación y las bases de licitación.
- Dar un seguimiento eficaz al desarrollo de proyectos en todas sus etapas, para identificar y controlar de manera oportuna los factores que puedan poner en riesgo su ejecución.
- Promover una mejor coordinación entre los órdenes de gobierno en el desarrollo de proyectos de infraestructura, especialmente aquellos de impacto regional.
- Fortalecer la capacidad institucional para identificar, formular y preparar proyectos de inversión.
- Consolidar la capacidad instalada nacional en todos los ámbitos relacionados con la planeación, construcción, conservación y operación de los proyectos de infraestructura.

148. A continuación se abordan de manera específica los diferentes tipos de infraestructura por sector de la economía.

## 2.10 Telecomunicaciones y transportes

**OBJETIVO 14** “Garantizar el acceso y ampliar la cobertura de infraestructura y servicios de transporte y comunicaciones, tanto a nivel nacional como regional, a fin de que los mexicanos puedan comunicarse y trasladarse de manera ágil y oportuna en todo el país y con el mundo, así como hacer más eficiente el transporte de mercancías y las telecomunicaciones hacia el interior y el exterior del país, de manera que estos sectores contribuyan a aprovechar las ventajas comparativas con las que cuenta México.”

### Transportes

**ESTRATEGIA 14.7** Ampliar la cobertura de los transportes en todas sus modalidades, modernizar la infraestructura y proporcionar servicios confiables y de calidad para toda la población.

**ESTRATEGIA 14.8** Abatir el costo económico del transporte, aumentar la seguridad y la comodidad de los usuarios, así como fomentar la competitividad y la eficiencia en la prestación del servicio de transporte.

**ESTRATEGIA 14.9** Modernizar la gestión del sistema de transporte, fortaleciendo el ejercicio normativo, rector y promotor del Estado, a fin de garantizar el desarrollo y uso de la infraestructura de transporte.

**ESTRATEGIA 14.10** Proponer esquemas de financiamiento y mejorar los ya existentes para fomentar el desarrollo de proyectos de infraestructura e impulsar su papel como generador de oportunidades y empleos.

**Objetivo 17** Abatir la marginación y el rezago que enfrentan los grupos sociales vulnerables para proveer igualdad en las oportunidades que les permitan desarrollarse con independencia y plenitud.

**ESTRATEGIA 17.6** Otorgar apoyo integral a las personas con discapacidad para su integración a las actividades productivas y culturales, con plenos derechos y con independencia

**ESTRATEGIA 17.8** Procurar el acceso de personas en condiciones de vulnerabilidad a redes sociales de protección.

### **Eje 3 Igualdad de oportunidades.**

**Objetivo 2.** Apoyar a la población más pobre a elevar sus ingresos y a mejorar su calidad de vida, impulsando y apoyando la generación de proyectos productivos.

**ESTRATEGIA 2.2** Ampliar la cobertura y mejorar la calidad de las vías y medios de comunicación y de transporte para conectar a las regiones menos desarrolladas del país.

**Objetivo 3** Lograr un patrón territorial nacional que frene la expansión desordenada de las ciudades, provea suelo apto para el desarrollo urbano y facilite el acceso a servicios y equipamientos en comunidades tanto urbanas como rurales.

**ESTRATEGIA 3.2.** Impulsar el ordenamiento territorial nacional y el desarrollo regional a través de acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil. Esta estrategia se dirige a impulsar el desarrollo social con un enfoque de largo plazo, al reducir las disparidades regionales, compensar a las regiones rezagadas, distribuir jerárquicamente los equipamientos, y aumentar el acceso a las oportunidades de progreso. Asimismo facilita la concentración de esfuerzos en las regiones con ventajas comparativas de localización, recursos naturales, infraestructura y cadenas productivas consolidadas, en donde resulta más viable impulsar el crecimiento económico, la productividad y el empleo. Contribuye también a la sustentabilidad, propiciando un desarrollo más ordenado, menos disperso; que permita reducir los efectos de ocupación en las tierras agrícolas de buena calidad, en las reservas naturales o en áreas peligrosas; y que propicie un uso racional del agua y de la energía.

### **EJE 4. Sustentabilidad Ambiental.**

#### **Capítulo 4.6 Cambio Climático**

**Objetivo 10.** Reducir Gases de Efecto Invernadero.

**Estrategia 10.1.** Integrar políticas de promoción de transporte público bajo en emisiones, establecer incentivos fiscales para promover proyectos energéticos sustentables, realizar una valoración económica de los beneficios de este tipo de energías.

**Estrategia 10.2.** Promover el uso eficiente de energía en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y de transporte.

**Estrategia 10.3.** Se necesitan establecer en todo el país programas periódicos y sistemáticos de inspección y mantenimiento vehicular, así como sistemas eficientes de transporte público.

**ESTRATEGIA 14.2** Diseñar e instrumentar mecanismos de política que den a conocer y lleven a valorar la riqueza ecológica de nuestro país a todos los grupos sociales.

### **Dentro del Programa Especial de Cambio Climático –PECC-:**

El **objetivo 2.2.6** de Mitigación del PECC establece: “Contar con sistemas de transporte público urbano y moderno que respondan a criterios de sustentabilidad y alto impacto social, en ciudades mayores a 100,000 habitantes.

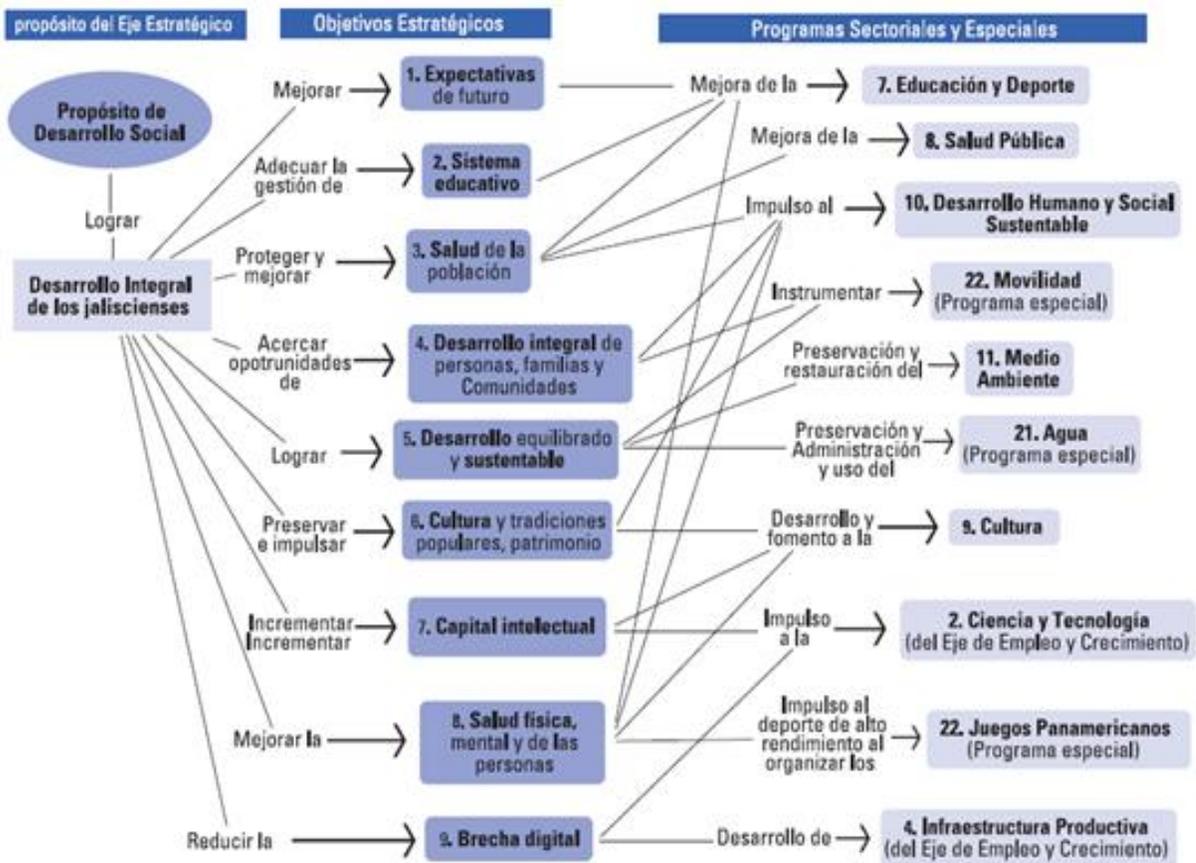
**Estrategia 1:** Apoyar acciones en materia de capacitación y asistencia técnica, así como impulsar esquemas de financiamiento de infraestructura y equipamiento de sistemas de transporte público urbano.

74

**Meta 32 -M32-** del Programa Especial de Cambio Climático establece lo siguiente: Incrementar el 36% en 2006 al 100% en 2012 la proporción de zonas metropolitanas y ciudades de más de 100 mil habitantes con proyectos de modernización de transporte público, entre los que destaca el desarrollo de sistemas de transporte de autobuses rápidos y carriles confinados.

**Dentro del Plan Estatal es compatible con la estrategia general del Plan de Gobierno del Estado de Jalisco 2007- 2012, ya que establece como prioridad la movilidad urbana y lo vincula con los siguientes puntos específicos:**

- Respeto y justicia, cuyo objetivo estratégico es garantizar la movilidad sustentable y la seguridad de personas, bienes y servicios que circulan en los diferentes ámbitos del territorio, desde el peatón y el ciclista hasta el transporte público y los vehículos particulares.
- Desarrollo Social, el cual busca lograr el desarrollo sustentable a través de la prevención y el combate a la contaminación ambiental, la promoción de la conservación y el uso racional de los derechos humanos.
- Empleo y crecimiento, cuya intención es generar condiciones de competitividad sistémica mediante el desarrollo de infraestructura de clase mundial, para así obtener capital humano vinculado a las actividades productivas rentables.
- Buen Gobierno, con la puesta en operación del Sistema Macrobús se espera incrementar la participación ciudadana en la toma de decisiones, en la vigilancia de la ejecución y en la evaluación de los planes, proyectos y resultados de la gestión pública. Y de esta manera lograr la confianza, mejorar la percepción ciudadana del impacto de las acciones de gobierno en las condiciones y en la calidad de vida de la población, sobre todo porque se privilegian más las acciones preventivas que las correctivas.



75

149. La administración estatal 2007 – 2013 tiene como objetivos, dentro del **Plan Estatal de Desarrollo 2030**, el garantizar, con la participación de la sociedad, un entorno seguro para la vida, la propiedad y la movilidad de las personas y bienes, así como generar mayor certeza y seguridad jurídica, por lo que el Programa de Movilidad Urbana es uno de los ejes estratégicos que impulsarán el desarrollo de las acciones para su cumplimiento. Los alcances del proyecto buscan dar solución a las vías alternativas de los desplazamientos de vehículos con la finalidad de agilizar el tránsito en la zona y su compatibilidad con el servicio masivo de transportación.

150. Como estrategias para atender dicho objetivo, en el Plan mencionado se plantea:

**E1)** Mejorar y ampliar la infraestructura y la seguridad en carreteras puertos, aeropuertos y en general toda la infraestructura de movilidad que consolide la articulación interregional e interestatal y brinde protección y seguridad a personas y bienes.

**E2)** Modernizar los sistemas de control vehicular, adecuar la infraestructura urbana y vial existente; fortalecer la vigilancia vial y establecer mecanismos de transporte alternativos en las zonas urbanas del Estado que reduzcan la contaminación ambiental y los tiempos de desplazamientos de origen y destino.

**E3)** Adecuar el marco jurídico en materia de movilidad y promover una cultura vial entre la población, que inicie desde la niñez a través de la formación educativa.

**En materia de movilidad urbana de la ZMG**, se han ubicado las siguientes iniciativas, no necesariamente indicadas en el Plan de Desarrollo o en referencias oficiales y que se pueden dividir en dos tipos, por un lado coherentes con una visión de largo plazo y por el otro, aisladas condicionadas por coyuntura:

**Objetivo 4. Desarrollo de Infraestructura Productiva.** A partir de este programa se realizará la planeación, construcción, mantenimiento, conservación y modernización de la infraestructura de comunicaciones terrestres en la entidad, vinculándola al contexto de la Región Centro Occidente. Del mismo modo, orientará la adecuada planificación y ordenamiento de los asentamientos humanos para propiciar un desarrollo urbano equilibrado, en corresponsabilidad con los 125 municipios, y promoverá los proyectos y obras públicas urbanas, regionales y metropolitanas estratégicas. En este mismo sentido, el programa promoverá que los sectores productivos jaliscienses generen la infraestructura productiva requerida para mejorar la competitividad en un entorno económico de apertura y marcada interdependencia mundial, mediante consensos entre actores públicos y privados que definan las formas y las prioridades en la aplicación de programas enfocados a superar sus limitaciones y a fortalecer sus capacidades. Se intenta con esto competir exitosamente en los mercados regional, nacional e internacional.

**Objetivo 22. Movilidad.** El Gobierno de Jalisco generará acciones y estrategias tendientes a garantizar el desplazamiento de personas con mayor rapidez y frecuencia, frente a mayores distancias, con un profundo respeto hacia el medio ambiente, dando preferencia al peatón, ciclista, transporte público y transporte particular, para generar seguridad y comodidad. Se desarrollará la planeación y el diseño de las rutas del servicio de transporte público, así como acciones que promuevan el desarrollo y ejecución de la operación, supervisión y control del mismo, además de realizar estudios y análisis para modificar y adecuar la infraestructura vial a las necesidades urbanas y rurales. Asimismo, se trabajará en la instalación y el mantenimiento de dispositivos de control de tráfico, buscando una señalización permanente y visible tanto horizontal como vertical, para agilizar la circulación, despertar la conciencia en la sociedad en la utilización de las vialidades y en el respeto a la normatividad vigente.

151. Dentro de la problemática planteada, los principales rubros que se resuelven son:

a. Deficiencias en la operación del transporte, causadas por la sobre posición de rutas y diseños sinuosos, plan operativo de las rutas, acorde a las necesidades de los conductores ocasionando: bajas frecuencias, intervalos de paso altos (autobuses en paradas esperando mayor demanda), bajas velocidades, incremento en los tiempos de recorrido de los usuarios y en los costos de operación de los autobuses, lo cual de manera conjunta genera reducción en la capacidad vial y por lo tanto ocasiona congestión vial.

b. Las deficiencias en el servicio de transporte público han incentivado el uso del automóvil como principal medio de transporte en la ciudad, aunando a la facilidad para adquirir vehículos importados ilegalmente a bajo costo sin el pago de los impuestos correspondientes.

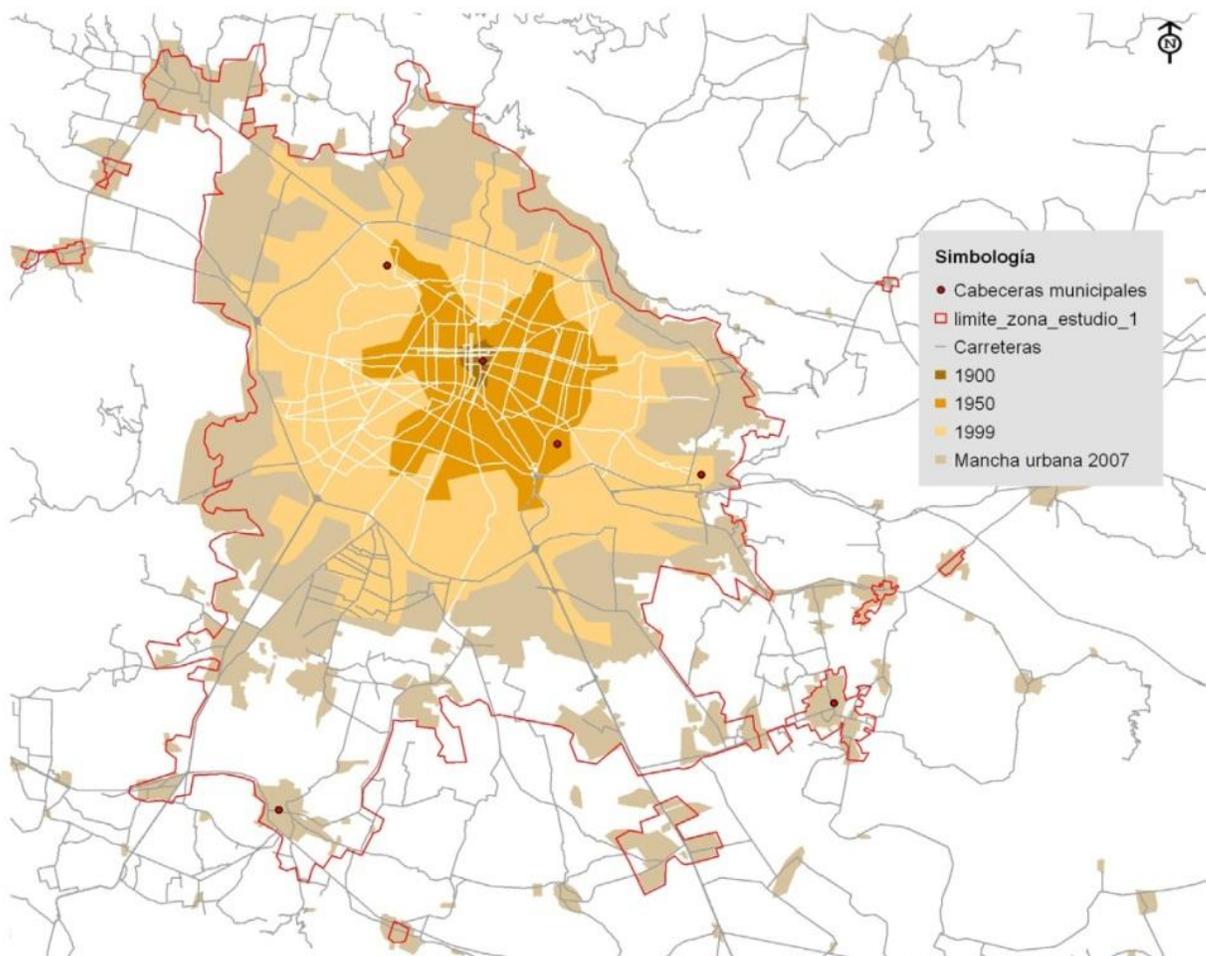
- La confiabilidad y eficiencia de la línea 1 del tren ligero motivará un cambio modal al reducir el costo real de utilizar el sistema.

**c) Localización geográfica**

152. El proyecto se ubica en la ZMG

153. El área geográfica para la ampliación de Línea TLG-1 para abastecer las rutas de movilidad urbana de la ZMG está localizada en el Estado de Jalisco. Su capital es Guadalajara y tiene un área conurbada integrada por los siguientes cinco: Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque; Tonalá y Zapopan. Esta conurbación es la segunda más grande del País después del DF. Sus colindancias son: Noreste, con los estados de Durango y Nayarit; al Norte con Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí al Este con Guanajuato y al Sur con Colima y Michoacán.
154. La Zona Metropolitana de Guadalajara, que al municipio central suma los tres municipios inmediatos que son Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá y alcanza, de acuerdo a sus límites, casi 160 mil hectáreas.

**Ilustración 28 Mapa de crecimiento de la ZMG**

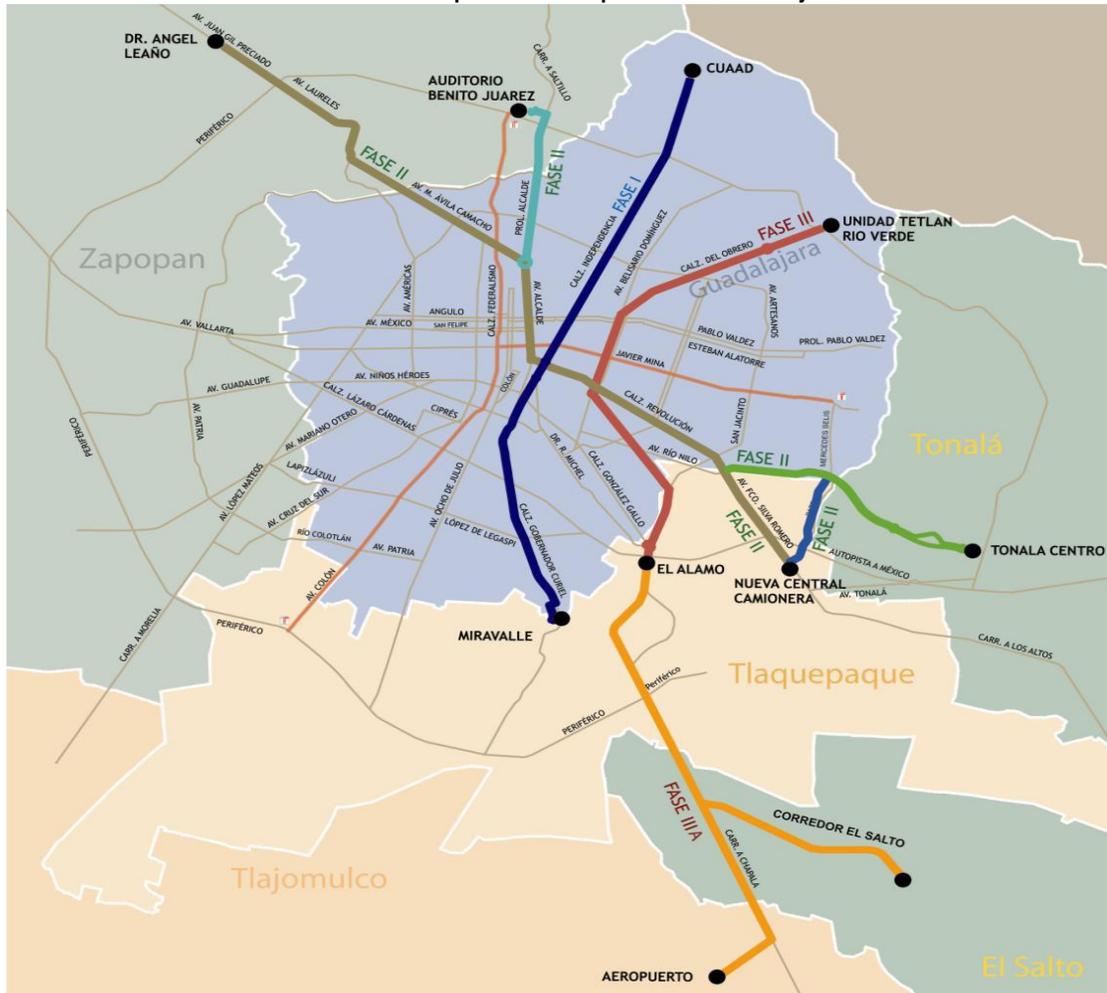


**El crecimiento de Guadalajara, en un siglo pasó de 800 Hectáreas a más de 35 mil, incluyendo ya a tres cabeceras municipales más.**

155. El crecimiento poblacional de Guadalajara, ha rebasado las expectativas de los planificadores en las décadas anteriores, pues no existía un proceso de re densificación activo. En la actualidad, el crecimiento se manifiesta más fuertemente en la periferia de la ciudad, particularmente en las partes sur-oriente y sur-poniente. Esto se puede apreciar en la imagen de la página siguiente donde, las mayores concentraciones de habitantes se ubican en las áreas norte y

oriente; por otro lado la dinámica actual muestra un marcado decrecimiento en el municipio central y son los municipios de la periferia los que absorben el mayor crecimiento (Tlajomulco y El Salto)<sup>2</sup>. De acuerdo al Plan Intermunicipal de Desarrollo Urbano, se registra una fuerte tendencia de pérdida de población residente en Guadalajara. Además en este mismo municipio se concentran el empleo y el ingreso.

**Ilustración 29 Mapa Zona Metropolitana de Guadalajara**



d) Calendario de Actividades

Ilustración 30 Calendario de actividades  
**Cronograma de repotenciación de Línea 1**

| Meses  | MDP        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>OBRA CIVIL ESTACIONES</b>   | <b>261</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Extensión de andenes laterales y sus respectivas techumbres, en 8 estaciones del tramo superficial.                              | 144        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Extensión de andenes laterales, en lo referente a obra civil, electromecánica y exterior, en 7 estaciones del tramo subterráneo. | 63         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Construcción de estación terminal nueva en Periférico Norte.   | 54         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>SUMINISTRO DE ENERGÍA Y CATENARIA</b>   | <b>43</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Subestaciones de tracción 750 Vcc con transformadores de tracción de 2500 KVA  | 42         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Sistema de alimentación en anillo de cables de alimentación de 23 kV cruzado.  | 1          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>SUMINISTRO CONTROL DE TRENES</b>  | <b>317</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Mando Centralizado incluye todo el software y hardware.  | 109        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Sistemas de señalización.  | 145        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Control de trenes CBTC   | 29         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| El sistema SCADA Central   | 34         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>TELECOMUNICACIONES</b>  | <b>117</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Telefonía directa y automática debe ser en un sistema IP PBX   | 28         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Red de cableado y fibra óptica   | 89         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>OBRAS INDUCIDAS E INDIRECTOS</b>  | <b>150</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Reubicación de líneas de alta tensión, restablecimiento y continuidad de redes de agua, alcantarillado, etc.                     | 150        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>MATERIAL RODANTE</b>  | <b>315</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Los trenes serán del tipo Metro ligero con rodado férreo   | 315        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

**e) Monto total de inversión**

**Costos y plan de inversión**

156. El proyecto de modernización de Línea TLG-1 pretende implementarse en el actual derrotero de dicha troncal ferroviaria, por lo tanto el análisis socioeconómico incorpora los costos de la infraestructura actual. Los costos actuales se clasifican en tren rubros: (i) Construcción de Túneles, los cuales comprenden 6.6 kms de túnel por sentido -13.2 km total- cuyo costo inicial se establece en 3 mmdp, con un inicio de operación en 1974. Para fines de la presente evaluación este costo se encuentra completamente depreciado, ya que se definió un horizonte de evaluación de 30 años, mismos que finalizaron en el año 2005.

**Tabla 19 Construcción de Túneles – Año 1976**

|          |             |                        | -\$3,000,000,000      |
|----------|-------------|------------------------|-----------------------|
|          | <b>1974</b> | <b>(1,500,000,000)</b> |                       |
|          | <b>1975</b> | <b>(1,500,000,000)</b> |                       |
| <b>0</b> | <b>1976</b> | <b>(3,000,000,000)</b> | <b>0/30</b> -         |
| 1        | 1977        | (2,900,000,000)        | 1/30 (100,000,000)    |
| 2        | 1978        | (2,800,000,000)        | 2/30 (200,000,000)    |
| 3        | 1979        | (2,700,000,000)        | 3/30 (300,000,000)    |
| 4        | 1980        | (2,600,000,000)        | 4/30 (400,000,000)    |
| 5        | 1981        | (2,500,000,000)        | 5/30 (500,000,000)    |
| 6        | 1982        | (2,400,000,000)        | 6/30 (600,000,000)    |
| 7        | 1983        | (2,300,000,000)        | 7/30 (700,000,000)    |
| 8        | 1984        | (2,200,000,000)        | 8/30 (800,000,000)    |
| 9        | 1985        | (2,100,000,000)        | 9/30 (900,000,000)    |
| 10       | 1986        | (2,000,000,000)        | 10/30 (1,000,000,000) |
| 11       | 1987        | (1,900,000,000)        | 11/30 (1,100,000,000) |
| 12       | 1988        | (1,800,000,000)        | 12/30 (1,200,000,000) |
| 13       | 1989        | (1,700,000,000)        | 13/30 (1,300,000,000) |
| 14       | 1990        | (1,600,000,000)        | 14/30 (1,400,000,000) |
| 15       | 1991        | (1,500,000,000)        | 15/30 (1,500,000,000) |
| 16       | 1992        | (1,400,000,000)        | 16/30 (1,600,000,000) |
| 17       | 1993        | (1,300,000,000)        | 17/30 (1,700,000,000) |
| 18       | 1994        | (1,200,000,000)        | 18/30 (1,800,000,000) |
| 19       | 1995        | (1,100,000,000)        | 19/30 (1,900,000,000) |
| 20       | 1996        | (1,000,000,000)        | 20/30 (2,000,000,000) |
| 21       | 1997        | (900,000,000)          | 21/30 (2,100,000,000) |
| 22       | 1998        | (800,000,000)          | 22/30 (2,200,000,000) |
| 23       | 1999        | (700,000,000)          | 23/30 (2,300,000,000) |
| 24       | 2000        | (600,000,000)          | 24/30 (2,400,000,000) |
| 25       | 2001        | (500,000,000)          | 25/30 (2,500,000,000) |
| 26       | 2002        | (400,000,000)          | 26/30 (2,600,000,000) |
| 27       | 2003        | (300,000,000)          | 27/30 (2,700,000,000) |
| 28       | 2004        | (200,000,000)          | 28/30 (2,800,000,000) |
| 29       | 2005        | (100,000,000)          | 29/30 (2,900,000,000) |
| 30       | 2006        | 0.00                   | 30/30 (3,000,000,000) |

**Tabla 20 Parámetros de la incorporación de trenes – Año 1989**

157. El monto total de inversión para el proyecto de modernización y ampliación de la Línea TLG-1 asciende a Mx 1,203 millones de los cuales Mx 888 millones correspondientes al tema de infraestructura, un total de Mx 315 millones para la adquisición de nueve carros de tren nuevos con tracciones independientes para responder a diversas necesidades de configuración de acuerdo a la demanda –*Trenes triples o dobles*–.
158. Los montos de inversión del proyecto fueron estimados tanto por el Fideicomiso para el Desarrollo Urbano en Jalisco –*FIDEUR*– como también por el análisis de costos realizado por la empresa consultora contratada para tal fin denominada Ustran.
159. En el caso de la ampliación de derecho vía para la extensión de la red ferroviaria y estaciones de la Terminal denominada Periférico Norte el proyecto no contabiliza un costo debido a que este terreno forma parte del patrimonio propio del H. Ayuntamiento de Zapopan.
160. La tabla inferior muestra el desglose de conceptos necesarios para la realización del proyecto.

**Tabla 21 Costo de Inversión para Infraestructura y Material Rodante TLG-1**

| <b>OBRA CIVIL ESTACIONES</b>   | <b>361</b> |
|--|------------|
| Extensión de andenes laterales y sus respectivas techumbres, que se deberá llevar a cabo de tal forma que el equipamiento de las estaciones a lo largo de los 30 m se desarrolle con criterio similar al existente en lo referente a obra civil, electromecánica y exterior, en 8 estaciones del tramo superficial.                                    | 144        |
| Extensión de andenes laterales, que se deberá llevar a cabo de tal forma que el equipamiento de las estaciones a lo largo de los 30 m se desarrolle con criterio similar al existente en lo referente a obra civil, electromecánica y exterior, en 7 estaciones del tramo subterráneo.   | 63         |
| Extensión y construcción de estación terminal nueva en Periférico Norte que se podría denominar “Jardines del Porvenir” frente al Centro Comercial Chedraui, entre las Av. Luis Quintero y González Gallo, con 2 vías, 2 andenes, cola de maniobra y de estacionamiento de trenes hasta la Av. González Gallo.   | 154        |
| <b>SUMINISTRO DE ENERGÍA Y CATENARIA</b>   | <b>43</b>  |
| Subestaciones de tracción 750 Vcc con transformadores de tracción de 2500 KVA, 23 kV/0,58 kV, 60 Hz, conexión Dy y Dd, serán de tipo interior, secos con encapsulamiento en resina sintética, los tableros de 23 kV contendrán los interruptores y los equipos de protección y medición requeridos para la alimentación de la subestación de tracción. | 42         |
| Sistema de alimentación en anillo de cables de alimentación de 23 kV cruzado.  | 1          |

| <b>SUMINISTRO CONTROL DE TRENES</b>   | <b>317</b> |
|---|------------|
| <p>Mando Centralizado incluye todo el software y hardware necesario para llevar a cabo las siguientes funciones: La supervisión automática del tráfico de trenes, la supervisión de la energía de tracción, la comunicación con los agentes de conducción, la comunicación con el personal de operación en estaciones, la supervisión de la seguridad en las instalaciones, y la supervisión del funcionamiento de sistemas ferroviarios.</p>   | 109        |
| <p>Sistemas de señalización, dividido en tres rubros, que son: En la vía: señalización de apoyo en seguridad, a bordo: monitoreo de la velocidad, en PCL: información de localización de trenes en tiempo real.</p>   | 145        |
| <p>Control de trenes CBTC (Communication Based Train Control), es un sistema de control continuo de trenes usado en transporte ferroviario Metropolitano, que utiliza una localización de la ubicación del tren de alta resolución e independiente de los circuitos de vía, comunicaciones bidireccionales de datos tren – tierra de alta capacidad y procesadores a bordo del tren y en la vía con la capacidad de implementar funciones vitales.</p>  | 29         |
| <p>El sistema SCADA Central permitirá la supervisión en tiempo real de los equipos que permiten la energización de la catenaria en la Línea 1, así como la supervisión de las instalaciones y de los equipos que forman parte de la infraestructura ferroviaria de esta Línea, deberá ser confiable y de alta disponibilidad, permitiendo su crecimiento y adaptación para futuras ampliaciones de las Líneas 1, 2 y 3. Por lo anterior este sistema deberá apegarse a las políticas y filosofías RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Scalability).</p> | 34         |
| <b>TELECOMUNICACIONES</b>   | <b>117</b> |
| <p>Telefonía directa y automática debe ser en un sistema IP PBX (PABX- Internet Protocol Private Branch Exchange). El sistema PABX deberá ser diseñado considerando una operación continua (las 24hrs los 365 días del año), con una capacidad de un mínimo de 1000 conexiones telefónicas y una capacidad de expansión a 3000 sin degradar su funcionamiento. Así mismo el sistema deberá permitir su administración local y remota desde el PCL a través de una interfaz sencilla y amigable.</p>   | 28         |

|  |                |
|--|----------------|
| Red de cableado y fibra óptica, deberán ser en la medida de lo posible conexiones de Fibra Óptica tendida a lo largo de la Línea, en donde esto no sea posible, tales como redes de área local (LAN por sus siglas en inglés) dentro de edificios administrativos o técnicos, el uso de cableado Ethernet (CAT) será requerido, así mismo se prevé el uso pertinente de Fieldbuses (redes da campo) en donde sean requeridos. Se requiere de un anillo redundante de fibra óptica independiente para cada Línea. Los anillos redundantes de Fibra Óptica monomodo y tecnología Ethernet/IP a 1GBps, con la capacidad de crecer en el futuro a 10Gbps. El CFO requerido es de 48 Fibras. Así mismo cada Línea contará con redes de área local respectivas a la Línea en cuestión. | 89             |
| <b>OBRAS INDUCIDAS E INDIRECTOS</b>  | <b>50</b>      |
| Movimientos de Líneas de alta tensión  | 20             |
| Movimientos de colectores y drenajes   | 15             |
| Otros  | 15             |
| <b>TOTAL EN MDP</b>  | <b>888</b>     |
| <b>MATERIAL RODANTE</b>  | <b>315</b>     |
| Los trenes serán del tipo Tren Ligero con rodado férreo, conformadas por carros individuales en formaciones de 4 y eventualmente hasta 5 carros, compatibles operacionalmente con los trenes y las instalaciones actualmente existentes en las líneas 1 y 2 de SITEUR. La incorporación de carros adicionales se realizará directamente y sin cambios mayores. Se preverá lo necesario en lo que respecta a reservas de potencia en los equipos alimentadores de energía, de manera de permitir esta incorporación sin restricciones.  |                |
| <b>TOTAL CON MATERIAL RODANTE EN MDP</b>   | <b>1,203.0</b> |

\* Cifras en Millones de Pesos 2012  
Fuente: elaborado por FIDEUR y SITEUR

**f) Financiamiento**

161. La inversión necesaria para modernizar y ampliar la capacidad de la Línea TLG-1 asciende a mx 1,203 millones de pesos del 2012. Estos recursos serían aportados en 34.9% por parte de FONADIN como apoyo no recuperable del proyecto integral de movilidad de la Zona Metropolitana, un 29.2% como aportación del Gobierno del Estado de Jalisco y un restante 35.9% como inversión privada, la cual sobrepasa el criterio mínimo definido por el Programa de Transporte Masivo en lo correspondiente a inversión privada en proyectos de movilidad, equivalente al menos el 34%.

162. La participación privada se prevé se integre dentro del marco de la Ley de PPS –APPs- del Estado de Jalisco, la cual no contempla contar con una fuente de pago intrínseca del proyecto, ya que los desembolsos anuales no serían suficientes con base al nivel de tarifa actual, por lo cual para este propósito sería necesario incrementar el costo de la tarifa al usuario, con los correspondientes efectos negativos a la elasticidad de la demanda. Por lo tanto, no se contempla la posibilidad de implantar un proceso de concesión a privados –*ni trenes ni estaciones*-, ya que los flujos netos para el pago de la contraprestación serían poco atractivos para la participación de inversión privada. El esquema de participación de los privados se daría en el marco de un modelo de PPS, el cual se pagaría mediante el uso de recursos fiscales ajenos al flujo propio del proyecto.

**Tabla 22 Montos de Inversión**

| COMPONENTE                                     | TOTAL                | RECURSOS PÚBLICOS  |                    |                    | RECURSOS PRIVADOS                |                    |
|--|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|  |                      | APOYO FONADIN      | ESTATAL            | TOTAL PÚBLICO      | CONCESIÓN/PPS DE INFRAESTRUCTURA | TOTAL PRIVADOS     |
| <b>1. INFRAESTRUCTURA</b>                      |                      |                    |                    |                    |                                  |                    |
| 1.1 OBRA CIVIL ESTACIONES                      | 261,000,000          | 78,300,000         | 182,700,000        | 261,000,000        |                                  | -                  |
| 1.2. SUMINISTRO DE ENERGÍA Y CANTERIA          | 43,000,000           | 30,100,000         | 12,900,000         | 43,000,000         |                                  |                    |
| 1.3. SUMINISTRO CONTROL DE TRENES              | 317,000,000          | 221,900,000        | 95,100,000         | 317,000,000        |                                  |                    |
| 1.4. TELECOMUNICACIONES                        | 117,000,000          |                    |                    |                    | 117,000,000                      | 117,000,000        |
| 1.5. OBRAS INDUCIDAS E INDIRECTOS              | 150,000,000          | 90,000,000         | 60,000,000         | 150,000,000        |                                  |                    |
| <b>2. MATERIAL RODANTE</b>                     |                      |                    |                    |                    |                                  |                    |
| 2.1 TRENES TIPO METRO LIGERO CON RODADO FÉRREO | 315,000,000          |                    |                    |                    | 315,000,000                      | 315,000,000        |
| <b>COSTO DEL TOTAL PROYECTO</b>                | <b>1,203,000,000</b> | <b>420,300,000</b> | <b>350,700,000</b> | <b>771,000,000</b> | <b>432,000,000</b>               | <b>432,000,000</b> |
| <b>PARTICIPACIÓN</b>                           | <b>100%</b>          | <b>34.9%</b>       | <b>29.2%</b>       | <b>64.1%</b>       | <b>35.9%</b>                     | <b>35.9%</b>       |

Fuente: elaborado por Rehovot

163. La inversión exclusiva para el tema de infraestructura de la Línea TLG-1 asciende a Mx 888 millones, de los cuales FONADIN participaría con el 47.3% -*porcentaje inferior al 50% del total de la infraestructura como lo definen los Lineamientos del PROTRAM*-, el gobierno del Estado de Jalisco con el 39.5% y el sector privado con el 13.2%.

**Tabla 23 Resumen inversión solo infraestructura**

| Resumen de Inversion solo Infraestructura            | Inversion            |                    |
|--|----------------------|--------------------|
| Inversion  | Monto                | % de Participacion |
| <b>Inversion Total Programada de Infraestructura</b> | <b>\$888,000,000</b> | <b>100.00%</b>     |
| Inversion FONADIN (Subvencion)                       | \$420,300,000        | 47.3%              |
| Inversion Programada para Privados                   | \$117,000,000        | 13.2%              |
| Inversion del Municipio de y/o Gob. Estatal          | \$350,700,000        | 39.5%              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>\$888,000,000</b> | <b>100.00%</b>     |

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 24 Monto planeado por fuente de inversión

| Otras Fuentes de Financiamiento |                    |                    |                    |             |                      |             |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Monto Planeado / Modificado     | Año                | Fonadin            | Recursos Estatales | Privados    | Otras                | Total       |
|                                 | Años anteriores    | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2008               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2009               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2010               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2011               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2012               | -                  | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2013               | 186,147,830        | 155,322,494        | 191,329,676 | -                    | 532,800,000 |
|                                 | 2014               | 234,152,170        | 195,377,506        | 240,670,324 | -                    | 670,200,000 |
|                                 | 2015               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2016               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2017               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
|                                 | 2018               |                    | -                  | -           | -                    | -           |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>420,300,000</b> | <b>350,700,000</b> | <b>432,000,000</b> | <b>-</b>    | <b>1,203,000,000</b> |             |

Fuente: elaborado por Rehovot

**g) Capacidad Instalada**

A continuación el alcance de la capacidad del proyecto que tiene las siguientes características:

164. El total de las estaciones atendidas para el tramo de Línea TLG-1, asciende a 18 estaciones y dos terminales.
165. En estas condiciones de implantación del proyecto, la velocidad comercial de la Línea TLG-1 en toda su extensión asciende a 40 km/h, en sentido Sur-Norte y de 40 km/h en sentido Norte-Sur.
166. El intervalo de operación entre trenes adoptado es inferior a 4 minutos.
167. La capacidad máxima adoptadas para los trenes asciende a 900 pasajeros. **La capacidad de transporte horaria máxima en estas condiciones es de 9,000 pasajeros por hora y sentido**, la cual responde a los requerimientos de demanda de transporte en el tramo inter-estación más cargado de la hora de máxima demanda.
168. A continuación se explica el desarrollo detallado del cálculo de las condiciones operativas en Línea TLG-1, mostrando las capacidades para el tramo de la troncal ferroviaria.

**LÍNEA 1.**

Intervalo.

Intervalo: 1 tren cada 6 minutos.

Cantidad de trenes (flota).

La cantidad de trenes en circulación en la Línea 1 para un intervalo de un tren cada 6 minutos por sentido será:

Cantidad de trenes = Tiempo de vuelta completa de Línea 1 / Intervalo de la Línea 1

Tiempo de vuelta Completa de Línea 1: 63 minutos.

Flota la Línea 1 para una frecuencia de un tren cada 6 minutos por sentido: 11 trenes.

#### Oferta de Línea 1.

Intervalo: 1 tren cada 6 minutos

Trenes por Hora: 60 minutos / 6 minutos = 10 trenes por hora por sentido

Capacidad del tren: 900 pasajeros por tren.

Capacidad L1: 9,000 pasajeros por hora por sentido.

#### Intervalo.

Intervalo Línea 3: 1 tren cada 6 minutos.

Intervalo Línea 1: 1 tren cada 6 minutos

A los efectos de intercalar los servicios, se tendrá un diagrama particular en el tramo compartido entre las estaciones Isla Raza y Terminal Periférico Norte.

Se brinda un ejemplo de dicha combinación para el escenario I (Línea 3 = 1 tren cada 6 minutos, Línea 1 = 1 tren cada 6 minutos, 19 estaciones habilitadas en Línea 3)

Línea 3: un tren cada 6 minutos

Línea 1: un tren cada 6 minutos

Cantidad de trenes por hora Línea 3: 10 trenes - hora.

Cantidad de trenes por hora Línea 1: 10 trenes - hora.

Cantidad de trenes por hora ambas Líneas: 20 trenes - hora.

Intervalo promedio de tramo compartido: 60 minutos / 20 trenes = 1 tren cada 3 minutos.

#### Oferta.

Capacidad de los trenes: 900 pasajeros por tren.

Oferta de tramo combinado: 20 trenes x 900 pasajeros por tren = 18,000 pasajeros hora por sentido

#### Demanda.

La demanda máxima prevista para la Línea 1 se encuentra en las inter-estaciones Mexicaltzingo – Juárez es de 7,292 pasajeros por hora por sentido, la cual es cubierta por la oferta de transporte de dicha línea, que asciende a 9,000 pasajeros / hora y sentido.

#### Relación Oferta – Demanda.

#### Oferta.

|   |   |
|---|---|
| CAPACIDAD MÁXIMA EXPRESADA<br>COMO OFERTA DE TRANSPORTE | LÍNEA 1<br>(11 trenes triples por hora<br>de 900 pasajeros<br>por tren) |
| Total de pasajeros por hora por sentido                 | 9 900   |

87

Demanda

|  |   |
|--|---|
| DEMANDA DE TRANSPORTE<br>Pasajero por hora por sentido | LÍNEA 1<br>(Inter-Estaciones Santa Filomena-<br>Washington - HMD 3 615) |
| Total de pasajeros por hora por sentido                | 7 230   |

Nota (1): Se ha tomado como referencia la oferta máxima de SITEUR, según la información recibida se encuentra levemente sobrepasada por la demanda.

Balance de material rodante Etapa II.

LÍNEA 1.

Intervalo.

Intervalo: 1 tren cada 5 minutos.

Cantidad de trenes (flota)

La cantidad de trenes en circulación en la Línea 1 para un intervalo de un tren cada 5 minutos por sentido será:

Cantidad de trenes = Tiempo de vuelta completa de Línea 1 / Intervalo de la Línea 1

Tiempo de vuelta Completa de Línea 1: 63 minutos.

Flota la Línea 1 para una frecuencia de un tren cada 5 minutos por sentido: 11 trenes.

Oferta de Línea 1

Intervalo: 1 tren cada 5 minutos

Trenes por Hora: 60 minutos / 5 minutos = 11 trenes por hora por sentido

Capacidad del tren: 900 pasajeros por tren.

Capacidad L1: 9,900 pasajeros por hora por sentido.

**h) Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación**

169. Metas en el Año Cero

**Meta 1. Construcción.** El primer año los desembolsos tanto de anticipos como de obra ejecutada alcanzarán hasta el 60% del monto total de inversión en infraestructura. Este porcentaje es equivalente a MxP 532.87 millones.

**Meta 2. Programa de socialización.** El primer año de la construcción debe finalizarse la etapa de concientización a la sociedad del proyecto.

**Meta 3. Repotenciación de 24 carros.** La empresa descentralizada encargada de operar el Sistema de Tren Eléctrico, SITEUR, finalizar la implantación del proceso de repotenciación de los 24 carros modelo 1988/1992 –*este programa de repotenciación forma parte de las acciones de optimización del proyecto*-. Este proceso incluye la modernización de los sistemas de frenado y conversión de las tracciones (de GTO a IgBt).

170. Metas en el Año Uno.

**Meta 1. Construcción.** Para el segundo año de construcción, la obra debe quedar completamente terminada de acuerdo a las especificaciones. Por lo que se deberá desembolsar por obra ejecutada el 40% restante de la inversión en infraestructura, equivalente a MxP 335.2 millones.

**Meta 2. Licitación y adjudicación del servicio de recaudo.** La empresa concesionaria deberá instalar la infraestructura de cobro y recaudo en 18 estaciones y dos terminales.

**Meta 3. Entrega de 9 carros de Tren Ligero (3 trenes triples).** La empresa descentralizada encargada de operar el Sistema de Tren Eléctrico, SITEUR, deberá recibir los 9 carros de ferrocarril, así como realizar las pruebas de adaptabilidad para preparar su correspondiente puesta en operación en trazo exclusivo de Línea 1. Para esta etapa se erogarán MxP 315 millones.

171. Metas Año Tres del Proyecto de Operación (Primer año de Operación):

**Meta 1:** Movilizar 157.0 mil pasajeros diarios adicionales a los 129.9 mil que actualmente transporte la L-1 de TEU, por lo tanto la meta de pasajeros adicionales al sistemas en el primer año de implantación asciende a 27.1 mil usuarios diarios.

**Meta 2:** Incrementar el índice de pasajeros por kilómetro IPK de los cerca de 27.1 mil usuarios que migrarían de transporte convencional a LTG-1 a un nivel superior de 7, la Troncal “*Periférico Sur-Federalismo- Periférico –Norte*”, bajo un escenario sin proyecto registra un IPK inferior a 2, como consecuencia a la atomización de la oferta con buses convencionales.

**Meta 3:** Incrementar la seguridad del usuario al menos en un 5% del índice de siniestralidad promedio que registra la ZCG.

**Meta 4:** Incrementar el nivel de calidad de servicio al usuario a través de indicadores de satisfacción definidos en: (i) Puntualidad, (ii) Regularidad, (iii) Limpieza.

172. Metas globales en la vida del proyecto (31 Años)

**Meta 1.** Movilizar un volumen superior a 92.8 millones de pasajeros anuales (2042).

En la Tabla inferior se observan las metas anuales para el primer año de operación, como también para el último año de la evaluación del proyecto en el corredor de acuerdo a los pronósticos realizados. Las tasa de crecimiento son diferenciadas para el periodo de análisis, en los primeros 6 años de operación la tasa de crecimiento promedio anual es de 3.1%, mientras que para el resto del horizonte de evaluación de 2.2%. El monto de 159,797 pasajeros diarios en el primer año de operación se origina por los 129,965 pasajeros con que cuenta que la troncal en días anuales de 365, aunado a la nueva demanda de 29,832 pasajeros que se incorporarían a la troncal ferroviaria como consecuencia al aumento de capacidad.

89

**Observación 14:** describe la demanda real de la tabla 19

**Tabla 25 Metas anuales de demanda para el corredor**

| Año | Diaria       | Mensual    | Anual       |
|-----|--------------|------------|-------------|
| 2   | 2014 159,797 | 4,953,702  | 58,325,857  |
| 30  | 2042 330,404 | 10,242,523 | 120,597,460 |

Fuente: elaborado por Rehovot

**i) Vida útil**

173. El horizonte de evaluación del proyecto es por un periodo de 31 años, considerando 2 años de inversión y 29 años de vida útil; sin embargo, ésta puede prolongarse en función de la aplicación del mantenimiento adecuado en la infraestructura del proyecto y la actualización de las rutas.

**j) Descripción de los aspectos más relevantes y conclusiones de los estudios técnicos, legales, ambientales, de mercado y en su caso, algún otro estudio que se requiera.**

Evaluación legal del proyecto

174. El marco legal e institucional para llevar a cabo el proyecto de modernización y ampliación de la Línea TLG-1 se basa en los mismos fundamentos legales con los cuales opera actualmente tanto la “L-1” como también la “L-2” del Tren Ligero Guadalajara:

175. Artículo 36 de la Constitución Política del estado de Jalisco deposita el ejercicio del Poder Ejecutivo en la figura del Gobernador del estado, quien se encuentra investido de las facultades y obligaciones que conlleva el promulgar, ejecutar y hacer que se ejecuten las leyes, así como delegar facultades específicas en el ámbito administrativo, cuando no exista disposición en contrario para ello, a las secretarías, dependencias, organismos y entidades que se constituyan para auxiliarlo en el desempeño de sus atribuciones, ordinal 50, fracciones I y XXII del cuerpo legal en cita.

176. La Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del estado de Jalisco establece, en sus artículos 50 y 52, que los organismos descentralizados son considerados como organismos paraestatales del Poder Ejecutivo y forman parte de la administración pública del estado, que dichos entes públicos gozarán

de personalidad jurídica y patrimonio propio y podrán ser creados para ayudar operativamente al Ejecutivo en el ejercicio de sus funciones.

177. El gobernador del estado de Jalisco mandó publicar, el 14 de enero del año 1989, el decreto número 13,555 por el que se creó el Organismo Público Descentralizado denominado: Sistema de Tren Eléctrico Urbano, el cual fue dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio y cuyo objeto primordial es la prestación del servicio público de transporte urbano masivo de pasajeros.<sup>1</sup>
178. El decreto citado, en el párrafo que antecede, sufrió en el mes de diciembre de 1999 la reforma de varios artículos, ello a través del decreto 18,170, transformación que derivó en la especificación y ampliación de las funciones encomendadas al Sistema de Tren Eléctrico Urbano – *SITEUR*-, así llamado por sus siglas. Como funciones principales de dicho sistema se encuentran las de ser el encargado de la **administración, operación y mantenimiento del tren eléctrico urbano**, que cuenta con recorrido subterráneo y superficial para el transporte masivo de pasajeros, especialmente en la ciudad de Guadalajara y municipios conurbados adyacentes, así como la de atender, por sí o por medio de terceras personas físicas o jurídicas a quienes otorgare las concesiones respectivas, la administración, operación y mantenimiento de otros medios de transporte, que se establezcan como alimentadores del tren eléctrico urbano,<sup>2</sup> con lo anterior se sustenta de forma clara y precisa la facultad que se le ha conferido al SITEUR para concesionar a personas morales, la atención del transporte alimentador del tren eléctrico urbano.
179. Debido a la necesidad de brindar mayor certidumbre jurídica para la realización de una inversión a largo plazo en materia de transporte se publicó, el 24 de abril del 2008, el decreto número 22214/LVIII/08, por el que se autoriza que las concesiones que otorgue el organismo público denominado Sistema de Tren Eléctrico Urbano para la operación de medios de transporte alimentadores del tren eléctrico urbano trasciendan su vigencia al término de la administración pública estatal 2007-2012, hasta por un período de 15 años, y se adicionó un artículo transitorio a la Ley de Proyectos de Inversión y de Prestación de Servicios del Estado de Jalisco y sus Municipios.
180. Además de las disposiciones jurídicas y decretos ya mencionados se cuenta con el Reglamento Interno del Sistema de Tren Eléctrico Urbano, que refrenda la calidad de Organismo Público Descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio que se le ha conferido en el decreto de creación y dispone, como objetivo primordial, la eficiente prestación del servicio público de transporte urbano masivo de pasajeros, así mismo propone de forma precisa el organigrama adecuado para la administración, operación y mantenimiento, tanto del sistema de tren eléctrico urbano, como del servicio público de transporte masivo de pasajeros alimentadores de dicho sistema.
181. Con lo anterior se considera que el Poder Ejecutivo del estado, en la medida de lo dispuesto por los artículos 25 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece lo que la doctrina llama "rectoría económica del Estado", que constituye el ejercicio de la responsabilidad gubernamental en el ámbito económico, ya que promueve, induce y orienta la acción administrativa hacia los objetivos del desarrollo, lo que hace mediante instrumentos y políticas, como la sustentada en el proyecto de "Movilidad Urbana".

<sup>1</sup>Artículo 1 del decreto de creación del Sistema de Tren Eléctrico Urbano.

<sup>2</sup>Idem. artículo 3, fracciones I y II.

182. Adicionalmente es importante mencionar que se encuentran presentadas, ante el Congreso del Estado, dos iniciativas de ley, la primera que sugiere la reforma de varios artículos de la Ley de los Servicios de Vialidad, Tránsito y Transporte del Estado de Jalisco, para considerar disposiciones que normen el transporte masivo de pasajeros, como por ejemplo, la expedición de licencias especiales para sus conductores, entre otras. La segunda, relativa a que los organismos orientados a la prestación del servicio público del transporte de pasajeros se fusionen para crear mayor cohesión y unidad en la toma de decisiones que favorezcan la implementación de los sistemas que mejoren beneficios que aporten a la sociedad en su conjunto. Por otra parte se encuentra en estudio una tercera iniciativa de ley que busca concesionar tres corredores más que estarían conectados con el tren eléctrico urbano para constituir una red más amplia que satisfaga las necesidades de movilidad urbana de la sociedad en general.
183. En caso que convenga al estado de Jalisco financiar parte o la totalidad de la obra requerida para la Línea “TLG-1” mediante algún esquema de asociaciones público-privadas PPS, en 2008 entró en vigor la Nueva Ley que regula las asociaciones público-privadas (PPS). Actualmente, el Estado de Jalisco registra evidencia sobre la factibilidad de implementación legal de este vehículo de garantía de pagos multianual, ya que un mecanismo similar fue autorizado el 24 de marzo de 2009, el Congreso del estado autorizó un paquete de PPS para el financiamiento de las obras del *Macrobús* para la FASE II y FASE III hasta por un plazo de 17 años, bajo el “*Proyecto de Movilidad y Renovación Urbana*”.
184. En lo relativo al proceso de construcción de infraestructura requerida para el proyecto de “TLG-1” se aplicará la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, o la Ley de Obra Pública del Estado de Jalisco, según corresponda.
185. Los amplios beneficios que generaría el proyecto en la calidad de vida de la población en materia de ahorro de tiempo de transporte a usuarios, tarifas equivalentes a las actuales, mayor seguridad y confort en los servicios al usuario, reducción de tráfico y congestionamientos vehiculares, reducción de emisiones contaminantes, reducción de accidentes, disponibilidad de un sistema de transporte masivo, moderno, electrificado y confinado, menor consumo de combustibles fósiles, menores niveles de ruido ocasionados por el número de vehículos, mejoramiento en el desarrollo urbano ordenado y mayor desconcentración de la ZCG, indican que todos esto son factores positivos para la población que no permiten prever que se tengan problemas sociales que impidan la ejecución del proyecto.
186. Antecedentes jurídicos de la Ley Proyectos de Inversión y Prestación de Servicios –PIPS- en Jalisco.

I.- El 10 de abril del 2008, se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco la Ley de Proyectos de Inversión y Prestación de Servicios del Estado de Jalisco y sus Municipios (Ley PIPS), el 4 de noviembre siguiente, en el mismo medio, se publicó el Reglamento de dicha Ley y el 25 de junio del 2009 una fe de erratas del mismo.

*Antecedentes jurídicos de las modificaciones y afectaciones a los derechos de vías férreas.*

187. La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 36, inciso I, establece que corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes formular y conducir las políticas y

programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país. Asimismo, en los incisos XXI y XXII del mismo artículo se establece que corresponde a la SCT construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales, así como las estaciones y centrales de autotransporte federal, construir y conservar caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares.

188. En el Capítulo II, artículo 5º de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal se establece que corresponden a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

#### Manifestación de impacto ambiental

92

189. La acción del proyecto tiene su principal incidencia sobre el factor ambiental, reduciendo principalmente la emisión de gases de HC, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partículas en suspensión, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, como consecuencia a la sustitución modal de unidades de transporte convencional de combustión a Diesel, por trenes eléctricos, esto derivado de la migración de usuarios de buses convencionales al sistema repotenciado de TLG-1. Si bien la sustitución de combustibles fósiles por electricidad, no necesariamente coadyuva a una reducción directa de emisiones de CO<sub>2</sub>, *-ya que esto dependerá del tipo de insumo con el cual se genere la energía eléctrica que mueva al tren, el cual puede incluirse desde combustóleo altamente contaminante hasta cualquier tipo de energía renovable-*, sin embargo, el cambio modal de camiones convencionales a trenes supone una reducción de emisiones como consecuencia a las siguientes premisas: (i) Cambio de unidades por nuevas y con mayor tecnología de eficiencia, (ii) mayor tamaño de unidades que permitan reducir el nivel de emisiones por usuario, (iii) mejor grado de ocupación en términos de IPK, y (IV) cambio modal de camiones convencionales a trenes.
190. El proyecto conlleva a otros beneficios adicionales en materia ambiental, no cuantificados pero de importancia significativa para la calidad de vida de la población, como por ejemplo, reducción del nivel de ruido por la sustitución de las unidades de transporte de baja capacidad por un sistema de transporte masivo silencioso y reducción de derrames incontrolados de aceite automotor al subsuelo como consecuencia de la disminución de tráfico de unidades convencionales, así como la reducción de partículas suspendidas en la zona urbana. Adicionalmente, el cambio de camiones de combustión Diesel a un sistema modal de trenes podrá contribuir a eliminar los lubricantes derramados en la vía pública por el transporte motorizado público.
191. La manifestación de Impacto ambiental del proyecto de Línea TLG-1 no requiere una nueva evaluación ante la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado de Jalisco, ya que es un proyecto esta en operación desde hace más de 20 años. Sin embargo, se requerirá la realización de esta evaluación para la reubicación de la nueva terminal de Periférico Norte, este proceso ya se lleva en trámite y aparentemente no se vislumbra dificultad para su resolución favorable, ya que se trata de una zona urbana totalmente consolidada.
192. El proceso de modernización y ampliación de la Línea TLG-1 se realizará en apego a las normas ambientales relacionadas al proceso de construcción, como emisiones de ruido, tratamiento de residuos, entre otros.
193. Adicionalmente, el Fideicomiso para el Desarrollo urbano de Jalisco –FIDEUR- y el propio SITEUR se encuentran elaborando un estudio documento para la obtención la no objeción al

proyecto condicionada al cumplimiento del Manual de Salvaguarda Ambiental y Social del Transporte Urbano (MASTU) del Banco Mundial. La obtención de este proceso tampoco se prevé que enfrente mayor dificultad ya que los impactos ambientales y sociales son prácticamente mínimos, ya que la línea de movilidad bajo la modalidad de tren ligero registra más de dos décadas de operación.

194. Al momento de presentación de este documento de ACB las autoridades antes mencionadas se encuentran realizando los borradores de los Planes de Manejo Ambiental y Plan de Gestión Social del MASTU, los cuales se presentarán en el corto plazo ante el Banco Mundial y Banobras a fin de obtener la no objeción por parte de dicha organización.

#### Derecho de vía y otros permisos

195. La repotenciación, modernización y ampliación del proyecto de Liana TLG-1 se pretende realizar en un derrotero, el cual ya cuenta con todos los derechos de vía necesarios.
196. El único tramo que no cuentan con permiso lo constituye la reubicación de la terminal Periférico Norte, el cual se extendería en aproximadamente un Kilómetro con relación al trazo actual de la vía del tren. El proceso para la adquisición de los predios necesarios se pretende realizar mediante negociación entre el nivel estatal y municipal, ya que el derecho de vía necesario para la extensión de la vía es patrimonio de H. Ayuntamiento de Zapopan.
197. Las licencias y permisos de construcción se tramitarán al contar con el registro del proyecto ante la Unidad de Inversión de la propia SHCP y con la aprobación de los recursos por parte del FONADIN, esto con la intención de efectuarlos una vez se cuente con la correspondiente certidumbre para la realización del proyecto. Estos permisos serán otorgados por los gobiernos estatales y por los municipales de Tlaquepaque, Guadalajara y Zapopan, los cuales son promotores de la iniciativa de inversión, en el marco del acuerdo del Plan Integral de Movilidad firmado por la totalidad de los participantes.

#### Análisis Técnico para la Determinación de la Tarifa

198. La implantación del proyecto supone que la tarifa de los usuarios de la troncal TLG-1 se mantendrá de acuerdo a la indexación que ha seguido en los últimos años la relación de tarifas del transporte público convencional y el Tren ligero de Guadalajara, la cual actualmente es de Mx 6.00.
199. Tarifa Técnica. La tarifa técnica se calcula con base a las siguientes dos premisas: (i) La sumatoria del total de costos de inversión del material rodante –Capex-, el total del costo de operación, la aportación para los gastos operativos del regulador del sistema, el costo del recaudo, los costos fiduciarios y todo lo anterior dividido entre el número de usuarios. La sumatoria de costos y equipos pretende ser autofinanciable a través de la tarifa, por lo cual un objetivo fundamental en la determinación de la tarifa lo constituye la sustentabilidad financiera del sistema, en el mediano y largo plazo. Para el caso del sistema “Corredor 1”, el total de gastos operativos serán financiados a través de la tarifa, sin que exista necesidad de que el gobierno estatal intervenga mediante un subsidio operativo. (ii) Si bien el total de costos operativos serán cubiertos por la tarifa, la asignación específica de la estructura tarifaria debe atender a las necesidades sociales de la población atendida, por lo que la tarifa debe definirse acorde a la capacidad

adquisitiva de la población beneficiada. Los objetivos del modelo tarifario se orientan a consolidar una sustentabilidad financiera operativa a largo plazo, así como una tarifa justa desde el punto de vista social. Generalmente, en los sistemas de transporte masivo, la tarifa está en función de la distancia recorrida: a mayor distancia, mayor costo; sin embargo, para el caso de la ZMG, esta lógica tarifaria resultaría socialmente perjudicial, ya que al contrario del modelo de transporte de países desarrollados, los usuarios con menor ingreso viven en la periferia de la ciudad. La estructura tarifaria se estimó a partir de las siguientes dos consideraciones: (i) El costo actual de la tarifa de transporte público vigente de MxP 6.00 (esta tarifa no incluye servicios denominados como de lujo) y (ii) la tarifa técnica resultante en el proceso de planeación de las troncales.

200. Con base en esta situación socioeconómica de la demanda se determinó implementar una tarifa basada en el número de transbordos, la cual se define de la siguiente manera:

|  |             |
|--|-------------|
| Primer viaje en articulado o alimentador exclusivamente  | = MxP 6.00  |
| Segundo viaje en articulado o alimentador<br>(Como sucede actualmente con el servicios de Pre-Tren | = MxP 3.00. |

201. Para evaluar el impacto de la tarifa en la captación de la demanda se realizó un análisis de sensibilidad en el cual se estimó la demanda captada ante diferentes niveles de precios tarifa. Los resultados del análisis de sensibilidad arrojan una significativa baja elasticidad a la tarifa, ya que si bien un aumento en la tarifa mantiene en términos constantes el ingreso del sistema en su conjunto, este efecto a su vez reduce el número de pasajeros del sistema del Tren Ligero, con lo cual no permite maximizar el beneficio social del proyecto.
202. Tarifa social. La tarifa social corresponde al costo de transporte que el regulador emite y, por ende, los usuarios pagan por el servicio. El estado óptimo consiste en que la tarifa técnica y la tarifa social tengan el mismo valor; sin embargo, esto no es necesariamente posible, ya que el aforo de usuarios al sistema puede tener variaciones diarias, por lo que un aumento del aforo sobre el nivel estimado elevaría la tarifa técnica sobre la tarifa social, mientras que una baja en el aforo resultaría en un efecto contrario. Para contrarrestar estos efectos, el sistema cuenta con un Fondo de Reserva, el cual concentrará las diferencias positivas entre ambas tarifas, de manera que este fondo pueda llegar a compensar efectos financieros ante la posibilidad de una caída de la demanda o bien en el incremento marginal de costos operativos sin que necesariamente se requiera un ajuste a la tarifa social. El sistema de medios de pago electrónico permite que la tarifa social pueda incluso ajustarse a la tarifa técnica en fracciones de moneda, evitando que los aumentos tengan que alcanzar un múltiplo de moneda, como sucede bajo el modelo sin proyecto. En el caso de la ZMG la tarifa social se establece a través de la decisión mayoritaria –cuando no se puede alcanzar un consenso- a través de la Comisión Tarifaria.
203. La Comisión de Tarifas es un órgano auxiliar del Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco, que de acuerdo a la ley de la materia, se encuentra conformada por representantes gubernamentales, sociales, empresariales y prestadores de servicio. Dicha Comisión tiene la facultad, a propuesta del OCOIT, de revisar, aprobar y modificar las tarifas para el servicio público de transporte en sus distintas modalidades, mediante resolución emitida en sesión en que se determine la procedencia o no de una modificación a las tarifas, así como el monto de las mismas, debiendo basarse para tal efecto, en los estudios recibidos del OCOIT.

La Comisión de Tarifas la conforman:

- Los presidentes municipales de la Zona Metropolitana de Guadalajara
- El Gobernador del Estado
- Los grupos transportistas
- La FEU
- La CROC
- La CTM
- La SNTE
- La Cámara Nacional del Comercio
- La COPARMEX.

### Sensibilidad de la Demanda a la Tarifa

#### **Estimación de la elasticidad de la demanda**

204. **Elasticidad directa (elasticidad tarifa):** la elasticidad precio (tarifa) mide el cambio en la demanda por viajes en transporte público con respecto a un cambio en su tarifa.

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera, siendo:  $E_d$  la elasticidad,  $Q_d$  la cantidad demandada y  $P$  el precio:

$$E_d = \frac{\% \text{ Variación porcentual en la cantidad demandada}}{\% \text{ Variación porcentual en el precio}} = \frac{\Delta Q_d / Q_d}{\Delta P / P}$$

205. La elasticidad de la demanda es el grado en que la cantidad demandada (Q), responde a las variaciones de precios (P) del mercado. En este caso, dados unos precios (P) y unas cantidades (Q) y un  $(P * Q) = \text{Ingreso}$ , tenemos que:

- Cuando la reducción del precio (P) hace que la cantidad demandada (Q) aumente tanto que la multiplicación de  $(P * Q)$  sea mayor a la original, se presenta una demanda elástica.  $E > 1$
- Cuando la reducción del precio (P) hace que la cantidad demandada (Q) aumente en proporciones iguales y  $(P * Q)$  sea igual, la elasticidad es proporcional o igual a 1.
- Cuando la reducción del precio (P) hace que la cantidad demandada (Q) aumente muy poco o nada que la multiplicación de  $(P * Q)$  es menor a la original, se afirma que la demanda de un bien es inelástica o rígida.  $E < 1$

#### **Características de la elasticidad precio/tarifa en el transporte público en Zona Metropolitana de Guadalajara.**

206. En estudios empíricos sobre transporte masivo se ha encontrado la evidencia de que la demanda por transporte masivo es muy inelástica, sobretodo en el corto plazo (entre -0.1 y -0.4) pues para un amplio segmento de la población, el transporte público masivo es la única forma

factible de desplazarse hacia sus centros de trabajo, escuela o actividades en las grandes urbes. Cabe señalar que en la Ciudad de Tijuana la elasticidad puede a ser menor, como resultado de comparar las condiciones de seguridad, puntualidad e higiene en que operaría un sistema nuevo de BRT –*bajo un esquema tronco-alimentador con tarifa integrada*- en comparación con el sistema actual de oferta de transporte público pulverizado y con unidades no aptas para brindar el servicio –*calafías y taxis colectivos*-.

207. En el largo plazo, la evidencia indica que la elasticidad es mayor a -0.5 ya que otros factores determinantes de la elasticidad suelen variar. La gente puede cambiar de trabajo o de lugar de residencia, u otros operadores surgir en la escena. **La elasticidad tiende a aumentar en el largo plazo** porque los usuarios del transporte público tienen más tiempo para ajustar su comportamiento y adaptarse a los bienes sustitutos, como la migración a transporte motorizado privado.
208. Sin embargo, el incremento en la tarifa para incrementar los ingresos no es algo deseable socialmente, ni benéfico para el para el proyecto mismo; pues un incremento en la tarifa implica necesariamente una caída en la demanda, aun cuando la estimación de la elasticidad resultó ser inelástica. Lo peor es que un alza en las tarifas de transporte público genera, en la mayoría de los casos, un cambio modal, específicamente un cambio hacia el transporte privado.
209. En el caso de la Línea TLG-1 un incremento en la tarifa provoca una caída en la demanda por viajes en transporte público. En el ejercicio siguiente se plantea un aumento de un Peso a la tarifa social propuesta –*Tarifa integrada Mx 6.00*-, es decir un 10%. Sobre la base de 100,687 pasajeros diarios, el incremento en la tarifa provocaría una caída en la demanda de 4,058 pasajeros diarios, por lo cual un aumento de precio a Mx 11.00 la troncal movilizaría 96,629, es decir que la troncal registra una elasticidad de -0.4.

Tabla 26 Elasticidad de la demanda

|                              | Tarifa | Aumento (Tarifa) | Cambio % |
|------------------------------|--------|------------------|----------|
| <b>Actual</b>                | \$6.00 |                  |          |
| <b>Incremento de un peso</b> | \$7.00 | \$1.00           | 16.67%   |

|                   | Tarifa (Mx \$)       | Demanda       |
|-------------------|----------------------|---------------|
|                   | 10                   | 159,797       |
|                   | 11                   | 149,570       |
| <b>Diferencia</b> | <b>16.67%</b>        | <b>10,227</b> |
|                   |                      |               |
|                   | <b>Elasticidad =</b> | <b>-0.4</b>   |

**k) Análisis de la Oferta a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión.**

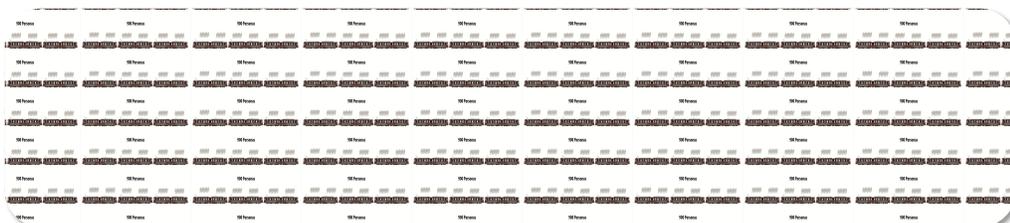
- 210. Para atender a la demanda circularán por el corredor 33 carros de ferrocarril que conformarían 12 trenes triples, con una capacidad de 300 pasajeros por carro.
- 211. El modelo funcional del sistema de transporte público tiene por objeto promover una movilidad urbana sustentable, con un sistema integrado de transporte público ordenado, eficiente y productivo, considerando los usuarios, transportistas, operadores del servicio, autoridades y población en general.
- 212. Una vez implantado el proyecto la troncal TLG-1 tendrá una longitud de 16.5 km por sentido. La Línea registrara con una ampliación de las estaciones a 90 m. lo cual permitirá realizar configuraciones de trenes triples. Adicionalmente, la implantación del proyecto incluye el aumento de la oferta con tres trenes triples, aunados a los 24 carros que operan en “Situación Actual”
- 213. La ampliación y modernización de la infraestructura de la Línea TLG-1 permitirá la conformación de trenes triples, lo cual permitirá aumentar la velocidad de 29.4 km/h a 40 km/h, así como también las capacidad del sistema en hora de máxima demanda, al incrementar de 7,200 usuarios hora sentido a 10,800 usuarios hora sentido.
- 214. Puesto en operación el proyecto de acuerdo a la oferta y la demanda la velocidad promedio que se logrará alcanzar en horas picos y valles será de 40 km/h, en un circuito semi-confinando.

**Ilustración 31 Diseño de ampliación y modernización Línea 1**

- **Situación Actual: 12 trenes dobles, frecuencia 5 min, velocidad 31 km/hr. 7,200 usr/hr sentido**



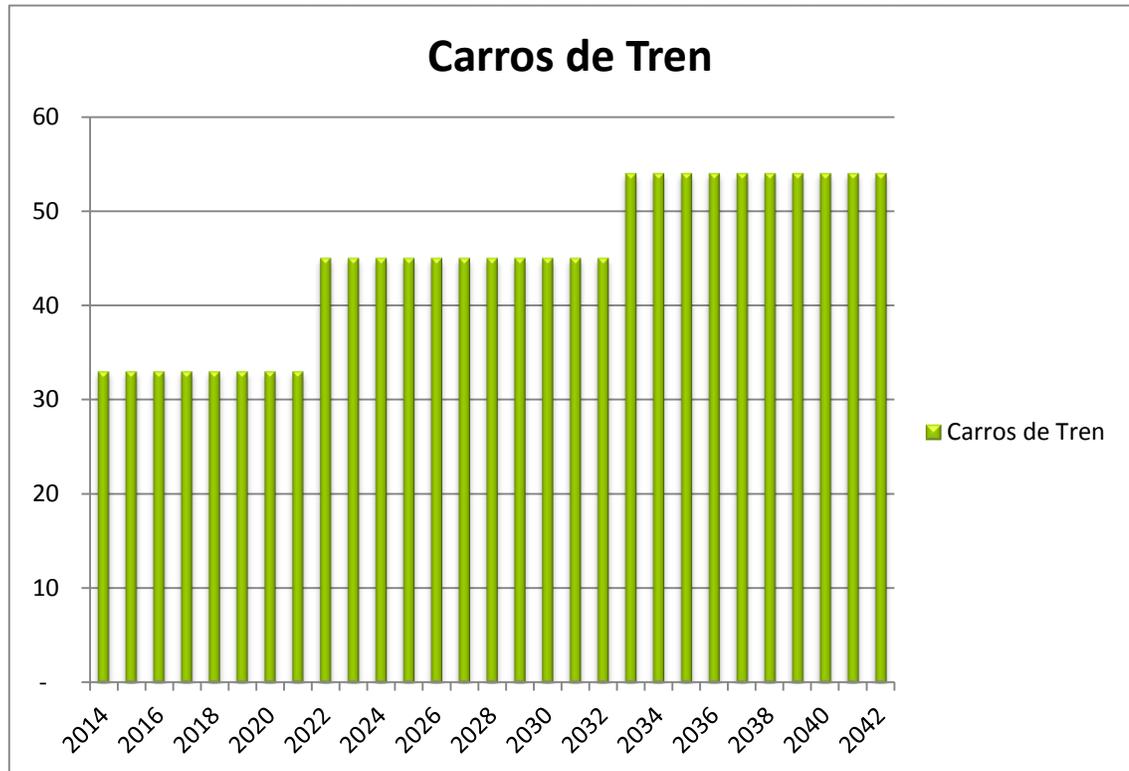
- **Situación con Proyecto: 10 trenes triples, frecuencia 5 min, velocidad 40 km/hr. 10,800 usr/hr sentido**



Fuente: elaborador por FIDEUR.

215. De acuerdo a la proyección de la demanda se plantea incrementar el parque de trenes en los años 2022 y 2033 a fin de mantener el mismo nivel de Índice de Pasajero por Kilómetro, como lo indica la tabla inferior. Costo total de inversión de material rodante es igual a 315 MDP.

Ilustración 32 Incremento de la Flota Total en el horizonte de evaluación



216. Fuente: elaborado por Rehovot.

Interacción del proyecto con la Infraestructura existente

Línea 2 –TLG-2.

217. El proyecto tiene una estrecha vinculación con la Línea TLG-2 –Tetlan- Juárez-, ya que de acuerdo al patrón de origen y destino del perfil de movilidad de la ciudad, un aumento de la demanda en la TLG-1 traería como consecuencia en un aumento de dicha Línea.

## Línea 2. Tetlán – Juárez

### Total estaciones e intervalos cortos

99

Juárez

Plaza Universidad

San Juan de Dios

Belisario Domínguez

Oblatos

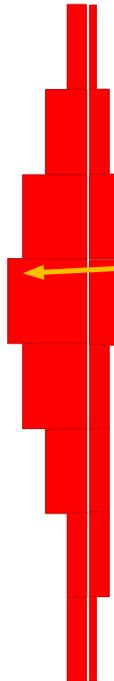
Cristóbal de Oñate

San Andrés

San Jacinto

La Aurora

Tetlán



| Estación            | Ascenso | De Paso | Descenso | Distancia (km) |
|---------------------|---------|---------|----------|----------------|
| Juarez              | 2,813   | 2,813   | 0        | 0.78           |
| Plaza Universidad   | 1,274   | 3,873   | 214      | 0.59           |
| San Juan de Dios    | 1,210   | 4,825   | 258      | 1.21           |
| Belisario Domínguez | 266     | 4,777   | 314      | 0.66           |
| Oblatos             | 193     | 4,432   | 538      | 0.90           |
| Cristóbal de Oñate  | 208     | 4,083   | 557      | 0.90           |
| San Andres          | 35      | 3,606   | 512      | 0.74           |
| San Jacinto         | 38      | 2,931   | 712      | 1.33           |
| La Aurora           | 11      | 2,150   | 792      | 1.09           |
| Tetlán              | 0       | 2,163   | 2,163    |                |

| Estación            | Ascenso | De Paso | Descenso | Distancia (km) |
|---------------------|---------|---------|----------|----------------|
| Tetlán              | 1,003   | 1,003   | 0        | 1.09           |
| La Aurora           | 522     | 1,520   | 5        | 1.33           |
| San Jacinto         | 482     | 1,990   | 13       | 0.74           |
| San Andres          | 164     | 2,109   | 45       | 0.90           |
| Cristóbal de Oñate  | 354     | 2,357   | 106      | 0.20           |
| Oblatos             | 184     | 2,446   | 96       | 0.10           |
| Belisario Domínguez | 193     | 2,534   | 104      | 1.21           |
| San Juan de Dios    | 196     | 2,138   | 592      | 0.59           |
| Plaza Universidad   | 52      | 1,491   | 699      | 0.78           |
| Juarez              | 0       | 1,803   | 1,803    |                |

#### Al asumir las siguientes condicionantes:

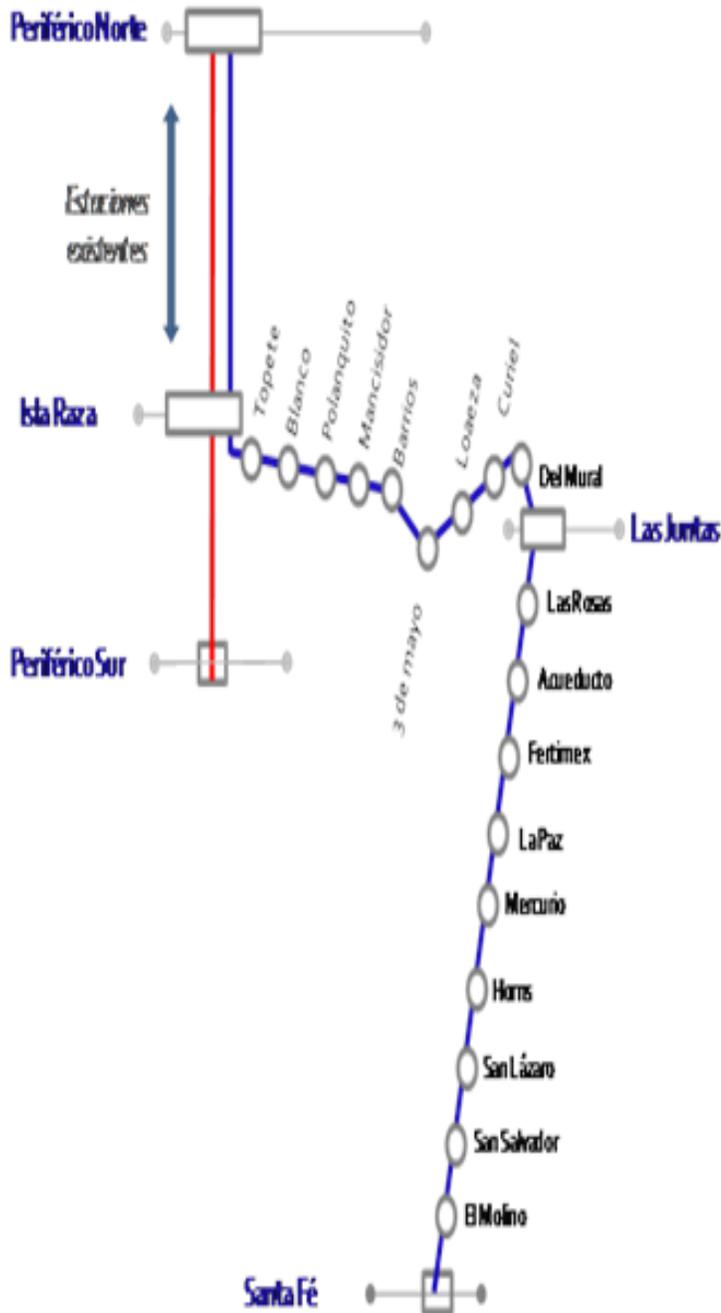
- Velocidad comercial de 35 km/h
- Tarifa similar a la actual
- Intervalo de 5:15 minutos en HMD
- Longitud de 6.93 km

#### Se podrán captar:

- Viajes en HMD sentido S-N – N-S: 4,825 – 2,534
- Demanda diaria (viajes): 109,863
- Distancia recorrida por pasajero: 6.06 km

218. Los requerimientos de infraestructura de la Línea TLG-2 por un aumento de la demanda, motivada por el mayor número de transferencia con TLG-1 pueden llegar a contrarrestarse positivamente, ya que esta Línea desde su diseño original ya contaba con plataformas en las estaciones con dimensiones de 90 metros, los cuales son necesarios para albergar configuraciones de trenes triples -30 x 3-. Por otra parte, el trazo de la Línea TLG-2 se encuentra totalmente confinado, ya que la totalidad de su derrotero se encuentra subterránea, por lo cual puede alcanzar mayores velocidades de operación, de manera que se reduzcan los intervalos. Sin embargo, la implantación del proyecto en Línea TLG-1 traerá como consecuencia la necesidad de que la Línea TLG-2 incorpore un mayor número de trenes, sin embargo este escenario no es motivo de la presente evaluación, ya que en el presente estudio se aplica el criterio de divisibilidad de los proyectos.

219. El Gobierno de Jalisco a través de FIDEUR y SITEUR está analizando la alternativa de ampliar la red de movilidad urbana a través de la implementación de un servicio de transporte masivo basado en un corredor Tronco-Alimentador, en modalidad de *Tren Ligero*, el cual compartiría parte de la troncal de la Línea TLG-1 y extendería su derrotero hasta la zona de mayor expansión poblacional en Tlajomulco de Zúñiga, en el sur de la ZMG. Con base tanto en los estudios de demanda como en los satisfactorios resultados derivados de la implementación de dos líneas bajo esta modalidad –L-1 y L-2- se identificó un potencial de expansión de la red de Tren Ligero Urbano de 29.5 km. Este “Proyecto” forma parte de una estrategia integral de *Movilidad Urbana*, la cual contempla la eficiencia en todos los modos como: Transporte público –*integrado por dos troncales de Tren Ligero, una troncal de BRT y 5,000 unidades subrogadas*-, transporte motorizado privado, desplazamientos peatonales y el fortalecimiento de uso de la bicicleta, todo esto para mejorar la calidad de vida de la población, fortalecer el ingreso familiar, mitigar la emisión de gases efecto invernadero y preparar a la ciudad para un escenario futuro que prevé restricción en el consumo de combustibles fósiles.
220. El proyecto consiste en la realización de una línea de Transporte Masivo Tronco-Alimentador bajo la modalidad de un Sistema Tren Eléctrico Urbano, la cual inicia su trazo desde la estación Concepción (Santa Fe) ubicada en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga hasta la estación Periférico Norte, la cual se ubica en el municipio de Zapopan. El proyecto incluye un derrotero de 29.5 km de longitud, de los cuales 16.5 km corresponden a una nueva construcción –*En el derecho de vía ferroviario y en el Canal del Sur*-, mientras que los restantes 13 km se comparten con la actual Línea 1 de SITEUR. El proyecto contempla 21 nuevas estaciones y la remodelación de 14 estaciones existentes, así como dos terminales de transferencia para los buses alimentadores en ambos extremos de la línea. El proyecto contempla la operación de 12 trenes triples –*36 carros*-, los cuales en el segmento de la Línea 1 de SITEUR, compartirán infraestructura con los 12 trenes dobles –*24 carros*-. .
221. El diseño del proyecto incorpora la información resultante de los estudios de movilidad y demanda, los cuales concluyen 215,000 usuarios diarios del caudal “*Concepción-Periférico Norte*”.



**Longitud:**  
Nueva construcción: 16.5km  
Modernización L1: 13km

**Estaciones:**  
Nuevas estaciones: 21  
Remodelación L1: 14  
Total estaciones: 35

**Puntos de transbordo**  
Santa Fé  
Las Juntas  
Polanquito  
Isla Raza  
Periférico Norte

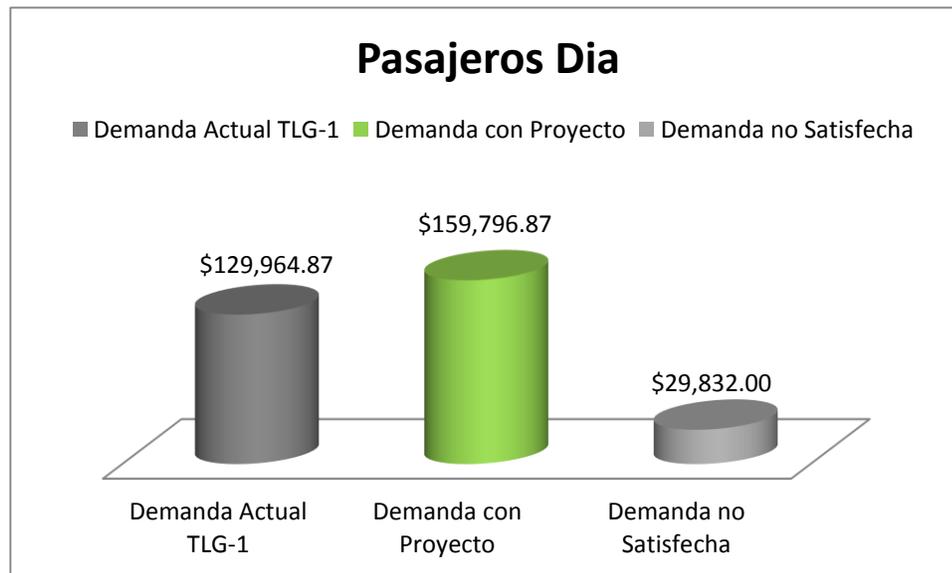
222. El proyecto de modernización y ampliación de capacidad de la TLG-1 tiene la practicidad operativa de por una parte resolver los problemas de saturación de demanda que registra en la “Situación Actual”, pero al mismo tiempo, la expansión de infraestructura puede servir perfectamente para soportar la incorporación de una posible implantación de la denominada TLG-3.

I) **Análisis de la Demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión.**

223. La implantación de proyecto genera un aumento de la demanda de 135,600 –*demanda promedio diaria incluidos los días hábiles promedio y no hábiles promedio*- pasajeros diarios a 159,797 pasajeros en el primer año de operación. Esta diferencia se integra, en primer término por el crecimiento de la demanda natural que la experimentara la Línea TLG-1 en los años 2012, 2013 y 2014. Aunado a esto, en el año 2014 se adicionarán 29,832 nuevos pasajeros que migrarán de los buses convencionales a la TLG-1, como consecuencia a un aumento de oferta en este modo de transporte. Este último componente de demanda se identifica como demanda con deseo de realizar su derrotero de origen y destino en tren pero que ante la saturación del sistema buscaron un modo de desplazamiento mediante el uso del bus convencional.

Ilustración 33 Demanda no atendida

**Existe una demanda no atendida que migraría de buses convencionales a TLG-1**



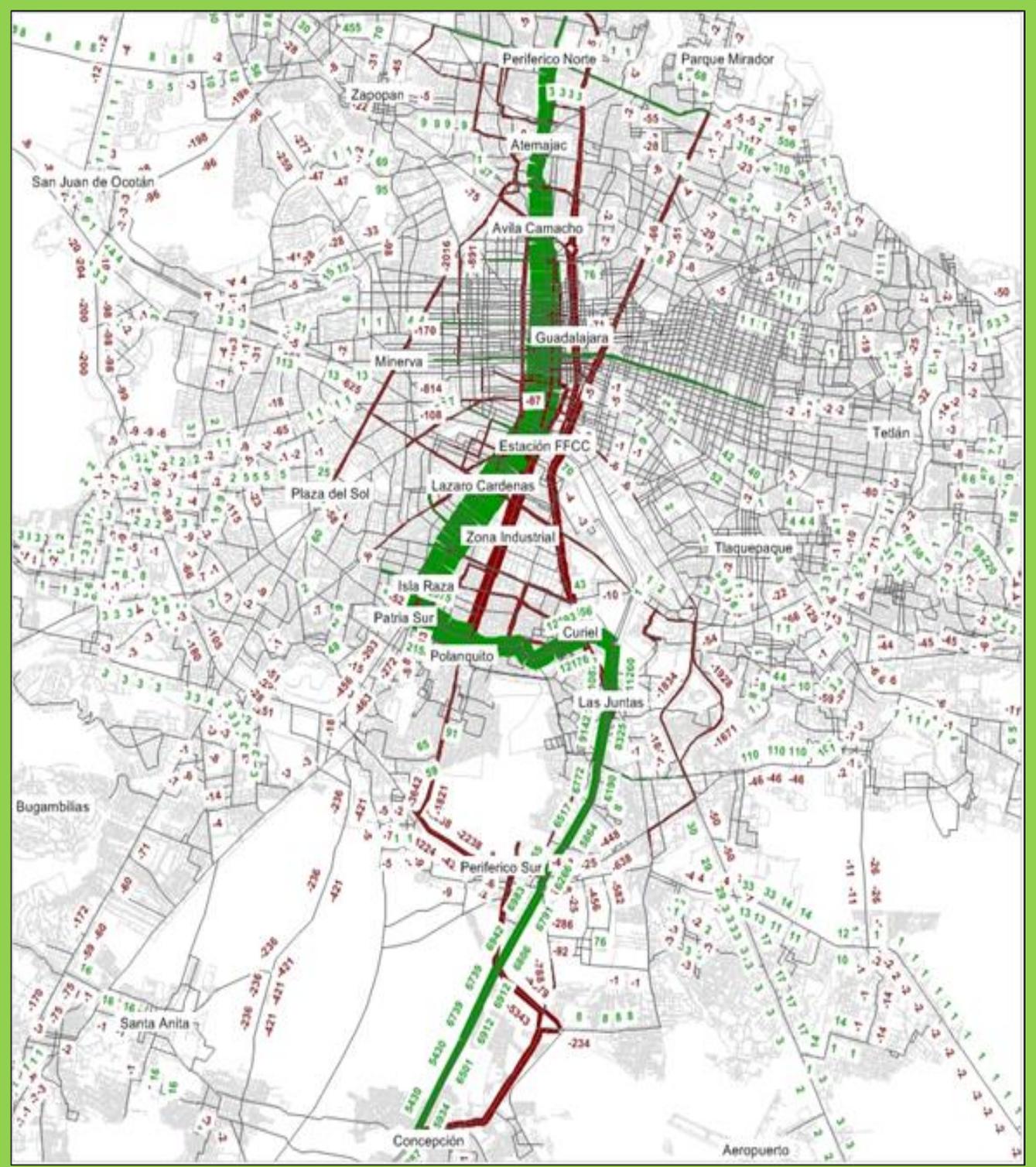
**Comparación de flujos asignados con y sin proyecto**

224. Esta sección tiene por objetivo evidenciar la diferencia en los patrones de movilidad de la “Troncal Periférico Sur-Federalismo- Periférico Norte” entre la asignación de la matriz de viajes a la red de transporte actual definida por las diversas alternativas de rutas vigentes en la troncal y la comparación con la matriz de viaje resultante en una concentración de la oferta de manera “troncal”, es decir con y sin proyecto. En la siguiente ilustración, el ancho de la línea indica el número de pasajeros diarios que transitan por cada tramo de la red de transporte analizada –

*Situación Actual*-. El color indica si existe un desvío del flujo de pasajeros una vez inicie operaciones del proyecto de transporte masivo. El color rojo indica que los pasajeros se desviaron desde esos tramos. Tienen además un signo negativo, es decir que esa demanda transita por esas vías en las condiciones actuales del sistema. Una vez inicie operaciones de un posible proyecto con características “Troncal” como la repotenciación de la Línea TLG-1, esa demanda utilizará las rutas en color verde. Esto indica que el flujo de pasajeros fue atraído a esos caminos debido al nuevo proyecto. Estas barras tienen un signo positivo. Las líneas en color rojo reflejan los patrones de movilidad en la troncal en la “Situación Actual”.

**Ilustración 34 Comparación de flujos asignados con y sin proyecto**





Fuente: Ustran

225. La demanda es de 159 797.

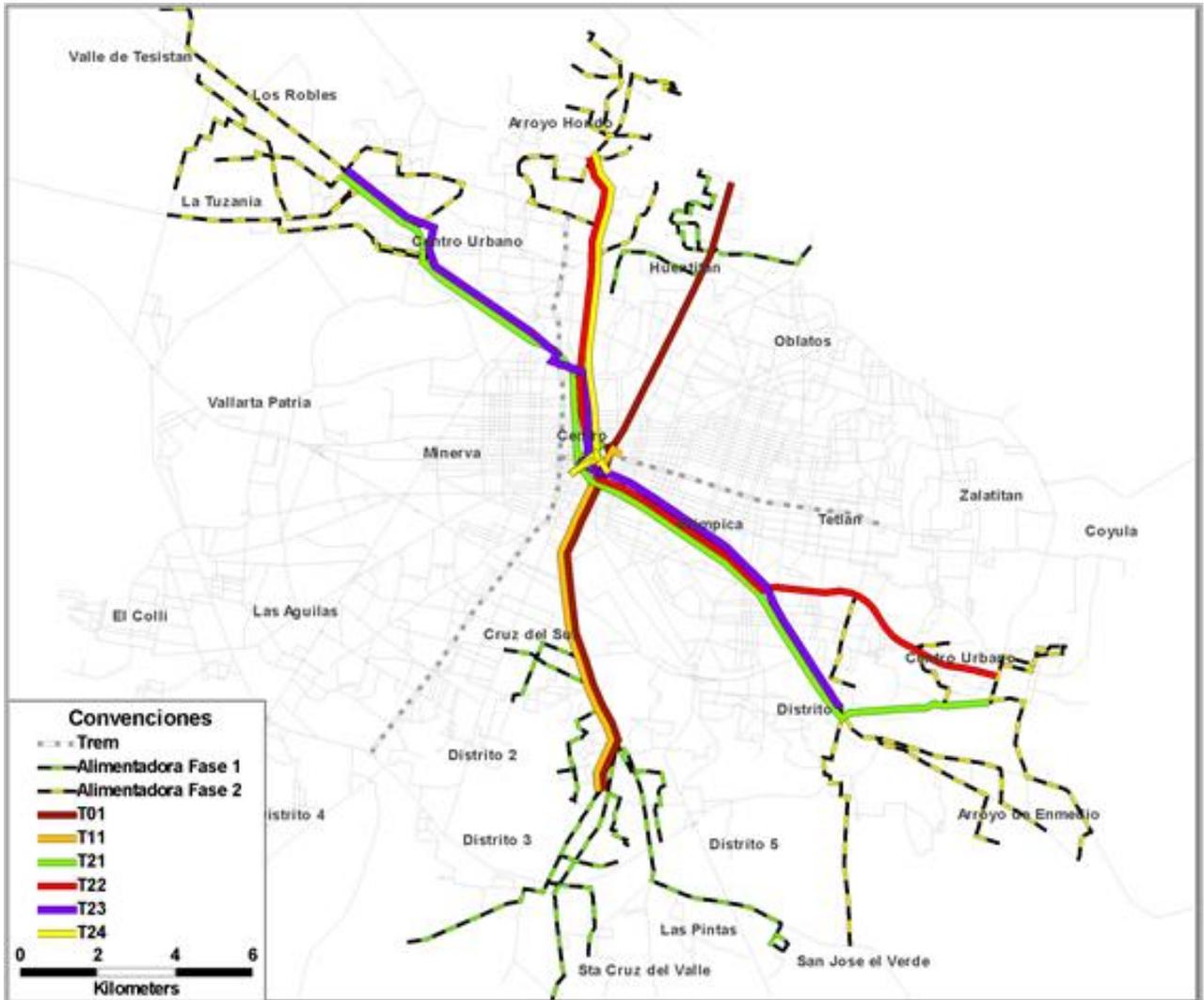
Tabla 27 Demanda Anual del Corredor

| AÑO     | Demanda Total |             |
|---------|---------------|-------------|
|         | Día Anual     | Anual       |
| 0 2012  |               |             |
| 1 2013  |               |             |
| 2 2014  | 159,797       | 58,325,857  |
| 3 2015  | 164,751       | 60,133,959  |
| 4 2016  | 169,858       | 61,998,111  |
| 5 2017  | 175,123       | 63,920,053  |
| 6 2018  | 180,552       | 65,901,575  |
| 7 2019  | 186,149       | 67,944,523  |
| 8 2020  | 191,920       | 70,050,804  |
| 9 2021  | 196,718       | 71,802,074  |
| 10 2022 | 201,636       | 73,597,126  |
| 11 2023 | 206,677       | 75,437,054  |
| 12 2024 | 211,844       | 77,322,980  |
| 13 2025 | 217,140       | 79,256,054  |
| 14 2026 | 222,568       | 81,237,456  |
| 15 2027 | 228,133       | 83,268,392  |
| 16 2028 | 233,836       | 85,350,102  |
| 17 2029 | 239,682       | 87,483,855  |
| 18 2030 | 245,674       | 89,670,951  |
| 19 2031 | 251,816       | 91,912,725  |
| 20 2032 | 258,111       | 94,210,543  |
| 21 2033 | 264,564       | 96,565,806  |
| 22 2034 | 271,178       | 98,979,952  |
| 23 2035 | 277,957       | 101,454,450 |
| 24 2036 | 284,906       | 103,990,812 |
| 25 2037 | 292,029       | 106,590,582 |
| 26 2038 | 299,330       | 109,255,346 |
| 27 2039 | 306,813       | 111,986,730 |
| 28 2040 | 314,483       | 114,786,398 |
| 29 2041 | 322,345       | 117,656,058 |
| 30 2042 | 330,404       | 120,597,460 |

Fuente: elaborado por Rehovot

## Alimentación

226. El escenario con alimentación consiste en la organización de las rutas de transporte público actuales y futuras en torno a la Línea TLG-1. Este cambio implica que algunas rutas actuales sean eliminadas o cambiadas. De la misma forma, se agregaron rutas de transporte bajo un sistema de alimentación a la nueva ruta de transporte masivo. A estas rutas se les asignó un intervalo de paso de 5 minutos en hora pico y 8 minutos en hora valle y una tarifa de 6 pesos.
227. La autoridad de transporte en Jalisco registra experiencia positiva en los procesos de rediseño y negociación de rutas alimentadoras para la integración de un sistema tronco-alimentador, esto debido a la exitosa implantación de la FASE I del Macrobus –BRT-. El proceso de implantación de rutas alimentadoras requiere de un sofisticado manejo técnico, así como político gremial ya que trastoca bastiones de poder gremial, los cuales si bien en ocasiones las rutas no están vinculadas con el Origen y Destino de Movilidad, los transportistas tienen la percepción de que se trata de ganancias gremiales.
228. La lógica detrás del diseño de las rutas alimentadoras consiste en realizar un análisis multifactorial el cual incluye variables como: (i) Vinculación con el Origen y Destino, la cual destaca los patrones de movilidad de los usuarios de la periferia, (ii) Análisis geométricos los cuales incorporen la capacidad y dimensiones de la oferta vial para albergar las rutas alimentadoras propuestas, (iii) Vinculación del diseño de rutas con el modelo de negocio del alimentador y la sustentabilidad operativa basada en la tarifa técnica y (iv) Finalmente, el modelo plantea el diseño de rutas suficientemente atractivas para que los operadores de transporte en la “Situación Actual” (Sin Proyecto) se incorporen al modelo de alimentación.
229. En el caso de la Línea TLG-1 se implantaría un ejercicio similar al experimentado en el proceso de implementación de la FASE I de Macrobus (BRT), así como en el proceso de planeación de la FASE II del mismo modo de transporte, el cual se sintetiza en el plano inferior, el cual detalla el derrotero tanto las líneas alimentadores en la parte norte como sur de ambas FASES de proyecto BRT de Macrobus.



230. Para el caso específico de la Línea, la evaluación técnica del proyecto arroja las siguientes modificaciones/afectaciones de rutas existentes, tanto para la parte norte como también para la parte sur de la Troncal “Periférico Sur-Federalismo -Concepción- Periférico Norte”, misma que se detalla a continuación:

### Rutas modificadas en el sector norte

Las rutas eliminadas o cambiadas en el modelo son las siguientes (según la clasificación en el modelo desarrollado por el CEIT):

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. 030 Vía Colón | 12. 231        |
| 2. 030-A         | 13. 231-A      |
| 3. 050           | 14. 231-C      |
| 4. 050-B         | 15. 275-B      |
| 5. 052           | 16. 636-V2     |
| 6. 142           | 17. 641-A-1    |
| 7. 142-A         | 18. 641-A-A    |
| 8. 165 Ixcatán   | 19. 702-Outlet |
| 9. 166           | 20. 703        |
| 10. 167          |                |
| 11. 169          |                |

### Rutas modificadas en el sector sur

Las rutas eliminadas o cambiadas en el modelo son las siguientes (según la clasificación en el modelo desarrollado por el CEIT):

1. 052-C-HSF
2. 061-B-VD
3. 061-B-VV
4. 171-HSFV1
5. 171-FSHV2
6. 175-A
7. 175-SA
8. 383 V1 LOMAS DE TEJADA
9. 619-SFE
10. 645-HSF
11. GF-03
12. R-01
13. SANTA ANITA 2 BALCONES

231. Actualmente el Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte CEIT, el cual es ente técnico que realizó tanto el diseño operacional como la negociación con los transportistas en el reajuste de alimentadores de la FASE I de Macrobus, se encuentra trabajando en afinar los detalles del trazo definitivo de cada una de las rutas arriba mencionadas –*Tanto para las Rutas del Sector Norte como del Sector Sur*-. El proceso de negociación con transportista no iniciaría hasta una vez que el promotor cuente con la anuencia del Comité de Fonadin de la aprobación de los recursos, ya que la experiencia del regulador indica que no es recomendable iniciar un proceso evolutivo del sistema gremial del transporte actual hasta no tener asegurado la definición del siguiente proceso al que se desea transitar. Los resultados de la demanda del proyecto no incluye el proceso de alimentación, ya que pretende justificar su rentabilidad socioeconómica sobre una base conservadora de alimentación natural.

#### Supuestos en la determinación de la demanda.

232. El crecimiento de la demanda en el horizonte de evaluación de 30 años se define en 3.1% para los primeros cinco años de operación del proyecto y un promedio de 2.1% para los restantes años durante la vida de evaluación del proyecto
233. La composición de la demanda se compone por 318 días promedio hábiles y 47 días promedio no hábiles –*Total 365*-. De acuerdo a la evidencia empírica de la operación vigente de la

“Línea 1” y “Línea 2” del Tren Ligero, en los días promedio no hábiles el nivel de demanda registra el 67.73% del aforo promedio en comparación con los días hábiles.

234. La Zona Metropolitana de Guadalajara se compone por ocho municipios, los cuales conforman una superficie de 2,423 Km<sup>2</sup> y una población de 4.3 millones. La Línea TLG-1 constituye la columna vertebral del sistema de movilidad de la ZMG, por lo cual esta troncal de movilidad se ve influenciada por la dinámica demográfica de la urbe.

109

Tabla 28 Población total en la ZMG

| Censo de Población INEGI 2010 |                  |                         |                      |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Municipio                     | Pob. (Hab.)      | Sup. (km <sup>2</sup> ) | hab./km <sup>2</sup> |
| Guadalajara                   | 1,469,140        | 187.91                  | 7,818.30             |
| Zapopan                       | 1,225,003        | 893.15                  | 1,371.50             |
| Tlaquepaque                   | 602,729          | 270.88                  | 2,225.10             |
| Tonalá                        | 471,117          | 119.58                  | 3,939.70             |
| Tlajomulco de Zúñiga          | 404,197          | 636.93                  | 634.60               |
| El Salto                      | 137,629          | 41.50                   | 3,316.30             |
| Ixtlahuacán de los Membrillos | 41,039           | 184.25                  | 222.70               |
| Juanacatlán                   | 13,215           | 89.08                   | 14.90                |
| <b>Total ZMG</b>              | <b>4,364,069</b> | <b>2,423.28</b>         | <b>19,543.10</b>     |

Fuente: INEGI

235. La ZMG ha registrado un decrecimiento en su ritmo de expansión poblacional, esto si se compara las décadas del siglo pasado con la presente década, la cual registra crecimientos inferiores al 2%.

Tabla 29 Evolución demográfica

| Evolución demográfica de la ZMG |                  |                            |
|---------------------------------|------------------|----------------------------|
| Año                             | Población (hab.) | Crecimiento <sup>(1)</sup> |
| 1950                            | 478,912          | 6,08%                      |
| 1970                            | 1,527,984        | 3,37%                      |
| 1990                            | 3,003,868        | 2,7%                       |
| 1995                            | 3,482,417        | 1,4%                       |
| 2000                            | 3,699,136        | 1,8%                       |
| 2005                            | 4,095,853        | 1,7%                       |
| 2010                            | 4,364,069        | -                          |

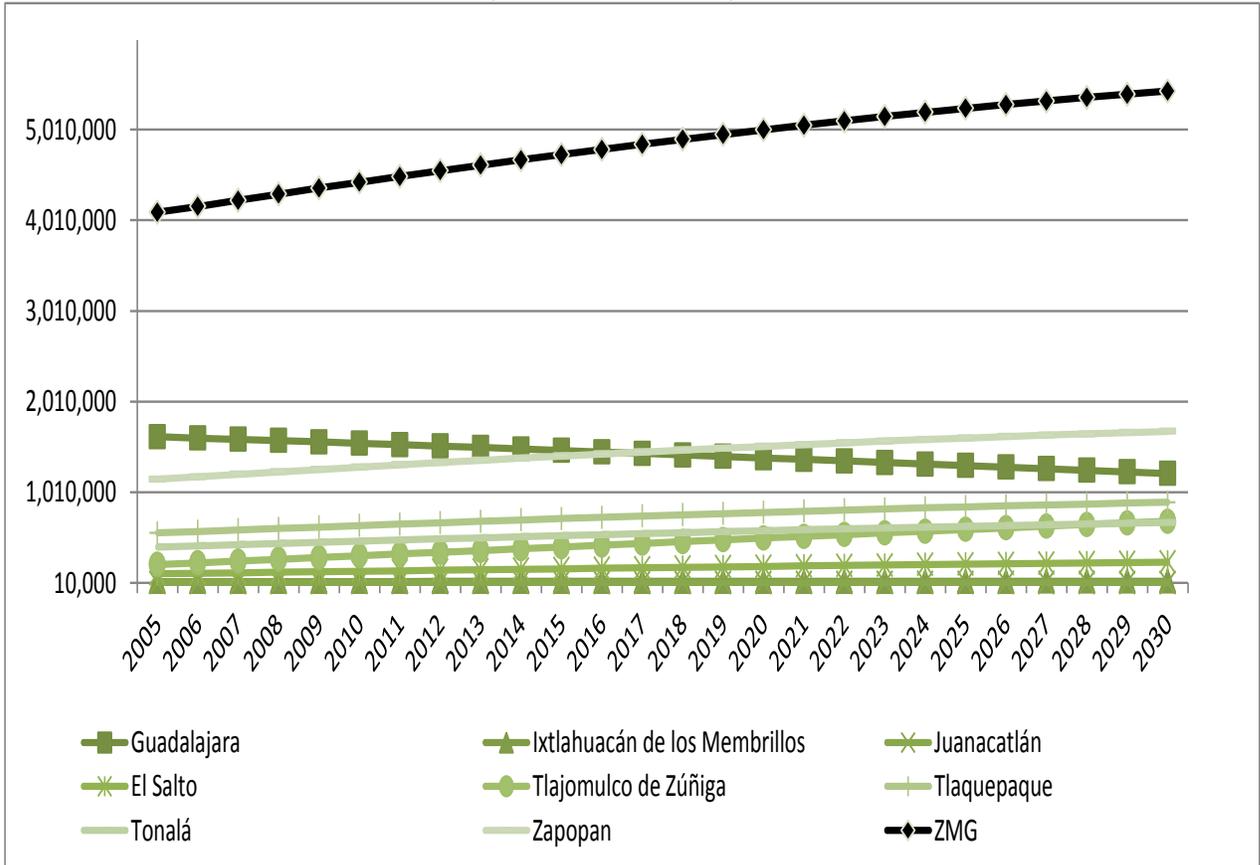
<sup>1</sup> Tasa de crecimiento media anual.

NOTA: Los datos de 1950 y 1970 se basan en los ahora considerados municipios centrales.

Fuente: INEGI, 2005; CONAPO (proyecciones 1950-2030)

236. Una vez aplicado un promedio ponderado a la serie de crecimiento poblacional de cada uno de los 8 municipios que integran la ZMG, los resultados indican que la Tasa Media de Crecimiento Anual –TMCA- será equivalente a 1.3% del año de inicio del proyecto hasta el 2030.

**Ilustración 35 Proyección del crecimiento poblacional de la ZMG**



Fuente: elaborado por Rehovot con información de CONAPO

237. La evaluación socioeconómica asume que el crecimiento de la demanda de la Línea TLG-1 al menos registrara una TMCA del doble que la registrada por el crecimiento inercial de la población, esta premisa se sustenta en una mayor expansión de los servicios del TEU como resultado de las siguientes premisas:

- Mayor demanda de servicios de Tren Ligero como consecuencia de revertir las tendencias históricas, dando prioridad al transporte público como alternativa atractiva al automóvil y al transporte público deficiente.
- Mayor movilización de pasajeros debido a la diversificación de actividades y redensificación con cambios de uso de suelo.
- Mayor demanda con motivo de una mejor calidad de servicio con mayor velocidad con la vía férrea y priorización en cruces a nivel.

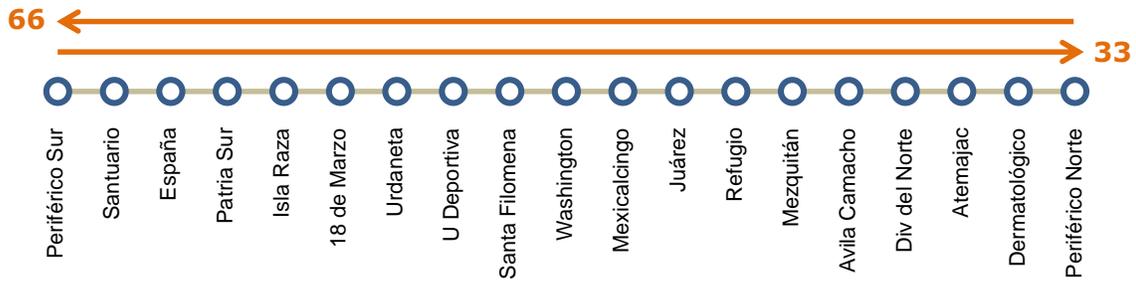
- Mayor demanda por la integración tarifaria que permitirá ofrecer disminuciones de costos a los usuarios en trayectos de origen y destino de pasajeros.
- Incremento de la demanda por rutas alimentadoras hacia el corredor troncal de la periferia de la ciudad, cuyos AGEBS registran un mayor crecimiento al promedio en la ZCG.
- Mayor demanda por los nuevos desarrollos habitacionales, industriales comerciales y de servicios –principalmente en los extremos norte y sur de la troncal-.
- Incremento de la demanda por la integración con otros corredores de transporte masivo que se implantaran en el horizonte a 30 años, como BRT's, tranvías, tren ligero, etc.
- Incremento de la demanda del Tren Ligero como consecuencia de una potencial saturación o aumento de la congestión de las vialidades del transporte motorizado privado y, por ende, disminución de velocidades cruceros –*Por ejemplo caso Distrito Federal, Sao Paolo, Bogotá, entre otros-*
- Incremento de la demanda por la migración de transporte motorizado privado como consecuencia de significativos aumentos de los precios de los combustibles fósiles, en el horizonte a 30 años.
- Mayor demanda por la consolidación de la ZMG como centro atractor de las zona Centro-Bajío y Pacífico-Norte e interior del estado de Jalisco como centro comercial, centro de logística, ferias, exposiciones y centro de servicios –*salud, universidades, esparcimiento, religioso, artesanales, entre otros-*. En 2008, Jalisco recibió 22 millones de turistas, de los cuales el 45% se concentró en la Zona Metropolitana de Guadalajara –*SETUR Jalisco-*.

#### **m) Interacción de la oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación**

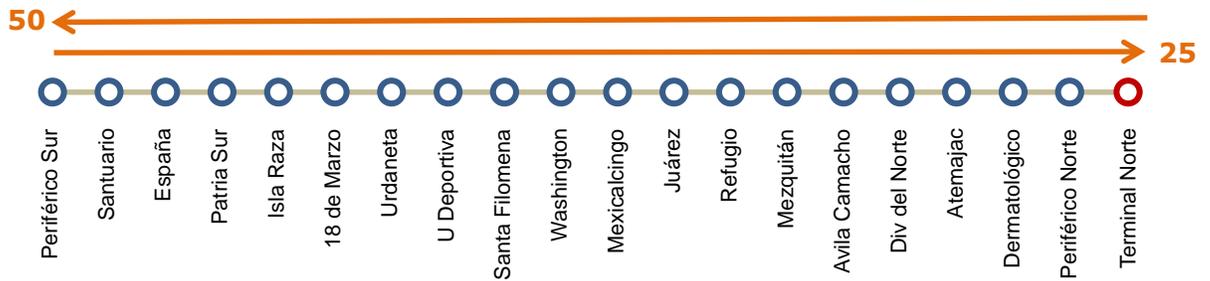
238. Las acciones integradas al proyecto –*modernización y aumento de capacidad-*, así como también la reorganización del sistema de configuración de trenes permitirán incrementar la velocidad en la “Situación con Proyecto” y por ende se obtendrán ahorros importantes en tiempos de viaje. Bajo el escenario “Sin proyecto” el tiempo necesario para desplazar pasajeros en el ciclo completo –ida y vuelta- registraba 66 minutos, mientras que la implantación del proyecto permitirá realizar el mismo recorrido en un tiempo de 50 Minutos, esto incluyendo la ampliación de un kilómetro a Terminal Norte.

Ilustración 36 Tiempo de recorrido situación actual y con proyecto

- Tiempo de recorrido actual (31k / 66 min)



- Tiempo de recorrido con proyecto (33k / 50 min)



## v. Evaluación del Programa o Proyecto de Inversión

### Marco de evaluación

239. El Análisis Beneficio – Costo (ACB), basado en la metodología avalada por BANOBRAS, SEDESOL y la SHCP, compara costos y beneficios del proyecto para determinar la viabilidad de un proyecto o grupo de proyectos por su generación de riqueza positiva para la sociedad y por la determinación de un momento óptimo para la inversión.
240. Los beneficios que se derivan de la realización del proyecto fueron cuantificados y valorados sobre la base de las situaciones sin y con proyecto en un periodo de vida útil de 30 años. Se consideraron los siguientes conceptos de beneficio social:
- Ahorros en costos de operación eléctrica del tren.
  - Ahorros en tiempos de viaje para usuarios de transporte público –tanto *Tren Eléctrico como Convencional*-.
241. También se analizó el costo de operación y mantenimiento a lo largo del horizonte de evaluación y se cuantificó el costo correspondiente a renovación de flota vehicular que queda obsoleta durante la vida del proyecto.
242. La proyección de costos y beneficios se descuenta para traer los valores futuros a valor presente. Con estos insumos se calculan los diferentes indicadores de rentabilidad social que más adelante se detallan.
243. En esta sección se identifica y cuantifica en términos monetarios los costos y beneficios del proyecto, así como el flujo de los mismos a lo largo del horizonte de evaluación -30 años-, con objeto de mostrar que el proyecto es susceptible de generar, por sí mismo, beneficios netos para la sociedad bajo supuestos razonables.
244. En la evaluación del proyecto se consideran los efectos directos e indirectos, incluyendo, en su caso, las externalidades y los efectos intangibles, derivados de su realización sobre el mercado relevante, los mercados relacionados de bienes y servicios, y otros agentes económicos, a fin de determinar su impacto final sobre la sociedad.
245. El análisis incluye los indicadores de rentabilidad que resulten del flujo neto de costos y beneficios del proyecto, así como el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y, en el caso de proyectos cuyos beneficios sean crecientes en el tiempo, la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).
246. Para la realización de la valuación socioeconómica se ha utilizado una tasa de descuento del 12.0% anual en términos reales, de acuerdo con los lineamientos de la UI-SHCP para la elaboración de análisis Costo – Beneficio –ACB-.

**a) Identificación, cuantificación y valoración de los costos del programa o proyecto de inversión**

- **Costos de inversión en infraestructura.**

247. La inversión estimada es la necesaria para dar inicio a la construcción de infraestructura y corresponde a Mx 888.0 millones de pesos. En este apartado se incluye en el cálculo el valor de las obras civiles, suministro de energía, suministro de controles del tren, telecomunicaciones y obras inducidas.

**Tabla 30 Costo de inversión en Infraestructura (sin IVA)**

| <b>Año</b> | <b>Inversión Infraestructura</b> |
|------------|----------------------------------|
| 0 2013     | - 532,800,000                    |
| 1 2014     | - 355,200,000                    |

**Fuente: elaborado por Rehovot con Información FIDEUR.**

- **Costos de inversión en Material Rodante**

248. La inversión estimada para materia rodante consiste en la adquisición de 9 carros nuevos para conformar tres trenes triples con valor de Mx 315 millones. El análisis de costos de material rodante incluye la adquisición de 3 carros adicionales en 2022 e igual número en 2033.

**Tabla 31 Costo de inversión por material rodante**

| <b>Año</b> | <b>Costos Adicionales Equipo Rodante Troncal</b> |
|------------|--|
| 0 2013     |  |
| 1 2014     | - 315,000,000                                    |
| 2 2015     |  |
| 3 2016     |  |
| 4 2017     |  |
| 5 2018     |  |
| 6 2019     |  |
| 7 2020     |  |
| 8 2021     |  |
| 9 2022     | - 315,000,000                                    |
| 10 2023    |  |
| 11 2024    |  |
| 12 2025    |  |
| 13 2026    |  |
| 14 2027    |  |
| 15 2028    |  |
| 16 2029    |  |
| 17 2030    |  |
| 18 2031    |  |
| 19 2032    |  |
| 20 2033    | - 315,000,000                                    |
| 21 2034    |  |
| 22 2035    |  |
| 23 2036    |  |
| 24 2037    |  |
| 25 2038    |  |
| 26 2039    |  |
| 27 2040    |  |
| 28 2041    |  |
| 29 2042    |  |
| 30 2043    |  |

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| <b>Total</b> | <b>- 945,000,000</b> |
|--------------|----------------------|

Fuente: elaborado por Rehovot

• **Costos de Operación de Trenes.**

La evaluación socioeconómica incluye un análisis de los costos operativos de los trenes en el horizonte de evaluación, los cuales se definen como Costos de Materiales y Suministros –*Capítulo 2000*- así como también Costos de Materiales y Suministros –*Capítulo 5000*-. Ambos costos se obtuvieron de la cuenta público del año base utilizado del propio SITEUR en los respectivos apartados. A estos costos se aplicó un factor del 66%, el cual corresponde a la proporción exclusiva de la Línea TLG-1, ya que la cuenta pública incorpora los costos relativos a la Línea TLG-2.

**Tabla 32 Costo Operación Trenes**

| <b>Año</b> | <b>Costo Materiales y Suministros Capítulo 2000</b> | <b>Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capítulo 5000</b> |
|------------|---|---|
| 0 2013     |   |   |
| 1 2014     |   |   |
| 2 2015     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 3 2016     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 4 2017     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 5 2018     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 6 2019     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 7 2020     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 8 2021     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 9 2022     | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 10 2023    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 11 2024    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 12 2025    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 13 2026    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 14 2027    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 15 2028    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 16 2029    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 17 2030    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 18 2031    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 19 2032    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 20 2033    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 21 2034    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 22 2035    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 23 2036    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 24 2037    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 25 2038    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 26 2039    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 27 2040    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 28 2041    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 29 2042    | -10,541,956   | -5,351,359  |
| 30 2043    | -10,541,956   | -5,351,359  |

Fuente: elaborado por Rehovot

• **Costo de operación y mantenimiento**

249. Para el cálculo de este rubro se consideró la experiencia generada por la operación de SITEUR en las Líneas TLG-1 y TLG-2, por más de 20 años y con uno de los más bajo niveles de siniestralidad en operaciones de estas características.
250. Los costos de mantenimiento se obtuvieron con base a la evidencia histórica registrada por SITEUR en la operación de la Línea TLG-1 la cual data desde 1989 y también con base a la información de LTG-2 desde 1994. Con base a la información histórica, de manera paramétrica se asignó un porcentaje de costo de mantenimiento sobre la base de la inversión inicial, la cual se define en 1.79% de mantenimiento ordinario sobre la base anual, un 2% de mantenimiento intermedio el cual se realiza cada 7 años y finalmente un 4% correspondiente al mantenimiento mayor, el cual se realiza cada 17 años.
251. El análisis de los costos de mantenimiento de los 16.5 km de la L-3 no incluyen las muy probables economías de escala tanto de personal como operativas que podrían transferirse de la actual operación de las Líneas 1 y 2, la cuales al menos pudiesen traducirse en una reducción por kilómetro operativo de mantenimiento de un 15%. Adicionalmente, la nueva línea no deberá incurrir en costos inherentes a las curvas de aprendizaje *–como sobre inventarios, errores operativos que conlleven en un aumento de costos de mantenimiento, control de inventarios, entre otros–*, ya que se cuenta con un capital de experiencia de más de 22 años de operación de Línea 1 y 16 años de operación de Línea 2. Finalmente, cabe mencionar que los costos de mantenimiento estimados para el presente ACB se sustentan en la información histórica otorgada por el propio SITEUR.

Descripción del concepto Costo de operación y mantenimiento.

252. Con base a la evidencia histórica registrada por SITEUR con relación al costo de operación y mantenimiento de la línea TLG-1, en la cual intervienen áreas operativas de la gerencia de infraestructura como son:
- Jefatura de mantenimiento a catenaria
  - Jefatura de mantenimiento eléctrico electrónico
  - Jefatura de mantenimiento a vías
  - Jefatura de mantenimiento a instalaciones fijas
253. En relación a los costos determinados para la operación y mantenimiento de la Línea TLG-1 considerados como mantenimiento anual ordinario por la cantidad de \$ 8, 880,000 de pesos y basados en los costos históricos de las áreas antes mencionadas, se considera que la distribución de los costos por departamento se daría de la siguiente forma:
- Mantenimiento a catenaria \$ 2.3 MDP
  - Mantenimiento eléctrico electrónico \$ 2.1 MDP
  - Mantenimiento a vías \$ 2.7 MDP

- Mantenimiento a instalaciones fijas \$ 1.78 MDP

254. Los costos considerados en el año 7, por la cantidad de \$ 13, 320,000 de pesos, como parte del mantenimiento intermedio donde se considera el remplazo de equipos menores pruebas de equipos y remodelación de instalaciones, para los cuales se considera que la distribución de los costos por departamento se daría de la siguiente forma:

- Mantenimiento a catenaria \$ 4.1 MDP
- Mantenimiento eléctrico electrónico \$ 3.4 MDP
- Mantenimiento a vías \$ 3.7 MDP
- Mantenimiento a instalaciones fijas \$ 2.12 MDP

255. Los costos considerados en el año 18, por la cantidad de \$ 26, 640,000 de pesos, como parte del mantenimiento mayor donde se considera el remplazo de equipos mayores, pruebas de equipos y remodelación de instalaciones, para los cuales se considera que la distribución de los costos por departamento se daría de la siguiente forma:

- Mantenimiento a catenaria \$ 8.2 MDP
- Mantenimiento eléctrico electrónico \$ 6.8 MDP
- Mantenimiento a vías \$ 7.2 MDP
- Mantenimiento a instalaciones fijas \$ 4.44 MDP

256. La estimación de los costos de mantenimiento no incluye el costo inherente a la operación y mantenimiento de los trenes, ya que este rubro de costos operativo se ha venido financiando desde el inicio de operación de la troncal mediante los ingresos por tarifa de los usuarios.

| Costos Anuales de Mantenimiento a la Infraestructura TLG-1 |                      |                     |
|--|----------------------|---------------------|
| Departamento   | L1                   | Costo por Km        |
| Vías   | \$ 5,360,000         | \$ 345,806          |
| Catenaria  | \$ 552,000           | \$ 35,613           |
| Eléctrica  | \$ 3,960,000         | \$ 255,484          |
| Inst. Fijas  | \$ 6,000,000         | \$ 387,097          |
| <b>Total</b>   | <b>\$ 15,872,000</b> | <b>\$ 1,024,000</b> |

**Tabla 33 Costos de operación y mantenimiento anual para Línea TLG-1**

| Año          |    | Situación con Proyecto   |                     |                    |                    |                          |
|--------------|----|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
|              |    | Infraestructura          | Normal              | Intermedio         | Mayor              | Total                    |
|              |    |                          | 1.79%               | 2.0%               | 4.00%              |                          |
| 2013         | 0  | <b>-\$888,000,000</b>    |                     |                    |                    |                          |
| 2014         | 1  |                          |                     |                    |                    |                          |
| 2014         | 2  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2015         | 3  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2016         | 4  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2017         | 5  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2018         | 6  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2019         | 7  |                          | -15,872,000         | -17,760,000        |                    | -\$33,632,000.00         |
| 2020         | 8  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2021         | 9  |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2022         | 10 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2023         | 11 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2024         | 12 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2025         | 13 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2026         | 14 |                          | -15,872,000         | -17,760,000        |                    | -\$33,632,000.00         |
| 2027         | 15 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2028         | 16 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2029         | 17 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2030         | 18 |                          | -15,872,000         |                    | -35,520,000        | -\$51,392,000.00         |
| 2031         | 19 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2032         | 20 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2033         | 21 |                          | -15,872,000         | -17,760,000        |                    | -\$33,632,000.00         |
| 2034         | 22 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2035         | 23 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2036         | 24 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2037         | 25 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2038         | 26 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2039         | 27 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2040         | 28 |                          | -15,872,000         | -17,760,000        |                    | -\$33,632,000.00         |
| 2041         | 29 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| 2042         | 30 |                          | -15,872,000         |                    |                    | -\$15,872,000.00         |
| <b>Total</b> |    | <b>-\$888,000,000.00</b> | <b>-460,288,000</b> | <b>-71,040,000</b> | <b>-35,520,000</b> | <b>-\$566,848,000.00</b> |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 34 Costo por concepto de mantenimiento de trenes SITEUR 2012**

| <b>Costo por concepto de mantenimiento de trenes SITEUR 2012</b> |                              |                              |                             |                 |                               |
|--|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Tipo de Mnto.  | Presupuesto Total 2012 (MDP) | Presupuesto por departamento | Programación del Mnto (kms) | Trenes en Mnto. | Costo anual por tipo de Mnto. |
| <b>Mnto. General</b>   | 9.5 MDP                      |                              |                             | 48              | \$197,916.67                  |
| <b>Mnto. Preventivo</b>  |                              | 1.5 MDP                      | 11,000 kms                  | 48              | \$ 31,250.00                  |
| <b>Mnto. Correctivo</b>  |                              | 2 MDP                        |                             |                 |                               |
| <b>Mnto. Mayor</b>   |                              | 6 MDP                        | 650,000 kms                 | 7               | \$928,571.43                  |

**Tabla 35 Costo por concepto de mantenimiento de trenes Línea 3**

| <b>Costo por concepto de mantenimiento de trenes Línea 3</b>   |                   |                             |                               |                                   |
|--|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Número de trenes   | Mnto. Aplicable   | Programación del Mnto (kms) | Costo anual por tipo de Mnto. | Costo total por concepto de Mnto. |
|  | Mnto. General     |                             |                               |                                   |
| 6  | Mnto. Preventivo  | 11,000 kms                  | \$ 31,250.00                  | \$ 187,500.00                     |
| X  | *Mnto. Correctivo |                             |                               |                                   |
| X  | ** Mnto Mayor     | 650,000 kms                 |                               |                                   |
| * Los montos por concepto de mantenimiento correctivo no son considerados en los primeros dos años, en relación a la garantía de fabricación.                            |                   |                             |                               |                                   |
| ** Los montos por concepto de mantenimiento mayor no son considerados en los primeros 5 años ya que el kilometraje para su ejecución se cumple a los 5 años de operación |                   |                             |                               |                                   |

257. La tabla inferior muestra un resumen de la totalidad de costos en horizonte de evaluación 30 años, misma que incluye los costos inherentes a nuevos trenes que se requerirán en 2020 y en 2033, de acuerdo a las proyecciones de demanda, así como el remanente de amortización de la infraestructura actual.

**Tabla 36 Costos de operación y mantenimiento para el corredor**

| Año     | Costo                |            |
|---------|----------------------|------------|
|         | Costos Mantenimiento |            |
| 0 2013  |                      |            |
| 1 2014  |                      |            |
| 2 2015  | -                    | 15,872,000 |
| 3 2016  | -                    | 15,872,000 |
| 4 2017  | -                    | 15,872,000 |
| 5 2018  | -                    | 15,872,000 |
| 6 2019  | -                    | 15,872,000 |
| 7 2020  | -                    | 33,632,000 |
| 8 2021  | -                    | 15,872,000 |
| 9 2022  | -                    | 15,872,000 |
| 10 2023 | -                    | 15,872,000 |
| 11 2024 | -                    | 15,872,000 |
| 12 2025 | -                    | 15,872,000 |
| 13 2026 | -                    | 15,872,000 |
| 14 2027 | -                    | 33,632,000 |
| 15 2028 | -                    | 15,872,000 |
| 16 2029 | -                    | 15,872,000 |
| 17 2030 | -                    | 15,872,000 |
| 18 2031 | -                    | 51,392,000 |
| 19 2032 | -                    | 15,872,000 |
| 20 2033 | -                    | 15,872,000 |
| 21 2034 | -                    | 33,632,000 |
| 22 2035 | -                    | 15,872,000 |
| 23 2036 | -                    | 15,872,000 |
| 24 2037 | -                    | 15,872,000 |
| 25 2038 | -                    | 15,872,000 |
| 26 2039 | -                    | 15,872,000 |
| 27 2040 | -                    | 15,872,000 |
| 28 2041 | -                    | 33,632,000 |
| 29 2042 | -                    | 15,872,000 |
| 30 2043 | -                    | 15,872,000 |

**Total - 566,848,000**

Fuente: elaborado por Rehovot con base Información FIDEUR

### Costos por molestias

258. La evaluación del proyecto no incorpora los costos derivados por molestias durante la construcción, ya que las obras de infraestructura se realizarán sobre el derecho de vía de la Línea TLG-1, por lo que registrará una mínima afectación sobre el arroyo vial de la Av. Federalismo-Colon. Por otra parte, las acciones de construcción se desarrollarán de acuerdo a un plan que mitigue las afectaciones, es decir, en horario nocturno.

### **b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión**

#### Beneficios anuales y totales

259. La implantación del proyecto traerá como consecuencia una serie de beneficios para la sociedad, los cuales se clasifican en dos grupos. (i) Beneficios Monetizables –*Los cuales sirven de base para la estimación de la conveniencia del análisis socioeconómico del proyecto-* y (ii) Beneficios no cuantificables, los cuales si bien no se consideran como insumo en la valuación representan aportaciones para la sociedad en su conjunto.

|   |
|---|
| <b>Beneficios Monetizados del Proyecto.</b> |
|---|

260. Para determinar la rentabilidad social del proyecto, el proceso de evaluación realizó una estimación de los beneficios con un horizonte de 31 años. En este proceso fueron incluidos los siguientes conceptos de beneficios sociales:

- Ahorros en costos de operación del Tren Ligero como consecuencia a la implantación del proyecto.
- Ahorros por reducción en tiempo del Costo Generalizado de Viaje –CGV- de los usuarios.

#### Ahorros en costo de operación vehicular

261. El análisis de los beneficios operativos del proyecto se limita a un análisis comparativo en lo relativo al consumo eléctrico que supone el hecho de movilizar a más de 150 mil pasajeros en día promedio anual. Por lo tanto esta evaluación realiza una comparación entre el consumo eléctrico de la “Situación Actual” y la “Situación con Proyecto”.
262. La Línea TLG-1 requiere una potencia de 8 MW con un factor de planta del 80% para realizar sus operaciones de movilizar anualmente a 12 trenes dobles, lo cual es equivalente a 61,320 MWh/año. Partiendo de la base un costo promedio de tarifa intermedia de alta tensión, equivalente a Mx 1.2264 por kWh, el monto total de gasto eléctrico de dicha troncal asciende a Mx 75.2 millones.

**Tabla 37 Consumo Eléctrico Escenario Sin Proyecto**

| Consumo Eléctrico Escenario Sin Proyecto           |               |                      |
|--|---------------|----------------------|
| <b>Capacidad Eléctrica</b>                         | <b>MW</b>     | <b>7</b>             |
| <b>Horas Anuales</b>                               | <b>Hr</b>     | <b>8,760</b>         |
| <b>Capacidad Anual Potencial</b>                   | <b>kWh</b>    | <b>61,320,000</b>    |
|  | <b>MWh</b>    | <b>61,320</b>        |
| <b>Factor de Planta Efectivo</b>                   | <b>%</b>      | <b>100.00%</b> Horas |
| <b>Consumo Eléctrico Anual</b>                     | <b>kWh</b>    | <b>61,320,000</b>    |
|  | <b>MWh/Yr</b> | <b>61,320</b>        |
| <b>Costo kWh Tarifa Intermedia Alta Tensión HS</b> |               | <b>1.2264</b>        |
| <b>Costo Total de Consumo Eléctrico Anual</b>      |               | <b>75,202,848</b>    |

Fuente: elaborado por Rehovot

263. Como consecuencia a la implantación del proyecto, el consumo eléctrico de la troncal podría reducirse en al menos un 12% sobre la línea base *–definida en Situación Actual–*. Este nivel de eficiencia puede alcanzarse sobre la base de la implantación de las siguientes dos acciones (i) Repotenciación del sistema de tracciones de los 24 carros actualmente en operación, lo cual permita lograr una mayor eficiencia energética al convertir los motores asíncronos en tracciones IGBT, los cuales además de optimizar la energía necesaria para la tracción también cuentan con sistemas regenerativos de electricidad en los procesos de frenado. (ii) La segunda acción tendiente a reducir el sistema eléctrico consiste en la sustitución de sistemas eléctricos, los cuales fueron diseñados con tecnologías vigentes en la década de los ochentas *–en dicha época los precios de los energéticos eran relativamente bajos por lo cual la eficiencia energética no necesariamente era un tema vital en el diseño de equipos y circuitos–*.

**Tabla 38 Consumo Eléctrico Escenario Con Proyecto**

| Consumo Eléctrico Escenario Con Proyecto |                    |
|--|--------------------|
| <b>Factor de Eficiencia</b>              | <b>12.0%</b>       |
| <b>Horas Anuales</b>                     | <b>7,358,400</b>   |
| <b>Ahorros Eficiencia Energética</b>     | <b>\$9,024,342</b> |

Fuente: elaborado por Rehovot

264. La estimación de beneficios energéticos supone que los requerimientos de energía mantendrán un crecimiento promedio del 2% durante la vida del proyecto. A continuación se presenta una tabla que explica los beneficios netos por concepto de ahorro energético durante el horizonte del proyecto.

**Tabla 39 Beneficios Eficiencia Energética**

| Año     | Beneficios Eficiencia Energética |
|---------|----------------------------------|
| 0 2013  | -                                |
| 1 2014  | -                                |
| 2 2015  | 9,024,342                        |
| 3 2016  | 9,213,853                        |
| 4 2017  | 9,407,344                        |
| 5 2018  | 9,604,898                        |
| 6 2019  | 9,806,601                        |
| 7 2020  | 10,012,540                       |
| 8 2021  | 10,222,803                       |
| 9 2022  | 10,437,482                       |
| 10 2023 | 10,656,669                       |
| 11 2024 | 10,880,459                       |
| 12 2025 | 11,108,949                       |
| 13 2026 | 11,342,236                       |
| 14 2027 | 11,580,423                       |
| 15 2028 | 11,823,612                       |
| 16 2029 | 12,071,908                       |
| 17 2030 | 12,325,418                       |
| 18 2031 | 12,584,252                       |
| 19 2032 | 12,848,521                       |
| 20 2033 | 13,118,340                       |
| 21 2034 | 13,393,825                       |
| 22 2035 | 13,675,096                       |
| 23 2036 | 13,962,273                       |
| 24 2037 | 14,255,480                       |
| 25 2038 | 14,554,846                       |
| 26 2039 | 14,860,497                       |
| 27 2040 | 15,172,568                       |
| 28 2041 | 15,491,192                       |
| 29 2042 | 15,816,507                       |
| 30 2043 | 16,148,653                       |

355,401,587

Fuente: elaborado por Rehovot

### Ahorros en tiempo de viaje

265. La estimación del tiempo reducido en la necesidad de los usuarios para alcanzar su trayecto de origen-destino constituye un beneficio, ya que dicho tiempo puede ser utilizado por la sociedad afectada en otras actividades.
266. Los beneficios por este concepto han sido cuantificados para la demanda obtenida en la situación “Sin proyecto”, equivalente a 129,965 pasajeros promedio por día en el 2011, con relación a los movilizados en “Situación con Proyecto”, equivalentes a 157,085 lo cual implica un aumento del 20.86% con relación al escenario base.
267. Para la estimación del beneficio del tiempo, la demanda fue segregada en dos grande grupos. (i) Demanda natural que ya era usuaria de la Línea TLG-1, la cual recibe beneficios tanto por el incremento de la velocidad como de la reducción del tiempo de espera –*aumento de frecuencia*– y (ii) el segundo grupo corresponde aquellos usuarios que migrarían del sistema de buses convencionales al TEU como consecuencia de un aumento en la oferta de trenes, por lo que este segundo grupo registra beneficios por la diferencia de velocidades entre el bus y el tren eléctrico, así como por los tiempos de espera del bus convencional. En ambos casos, la evaluación supone que los tiempos de viaje tengan un comportamiento diferente de la situación sin proyecto, como consecuencia a la implementación del proyecto.
268. La base para la estimación de los beneficios sociales relacionados con el ahorro del tiempo consiste en comparar la diferencia de velocidad promedio bajo el escenario “con proyecto” y el escenario “optimizado”. En el escenario “optimizado”, la velocidad promedio para la troncal “*Periférico Sur-Federalismo -Periférico Norte*” registra 26 Km/h, ya una vez optimizada de la “Situación Actual de 27.5 Km/h. El escenario “con proyecto” registra un promedio de 40 km/h.
269. La diferencia para el primer grupo de usuarios exclusivos del tren se originan por: (i) la configuración de trenes triples permite alcanzar una mayor velocidad, (ii) la incorporación de tres trenes triples permitiría reducir el tiempo de espera, al aumentar la frecuencia real y el aumento de capacidad por tren, (iii) La repotenciación de tracciones de trenes actualmente en operación.
270. Para el segundo grupo de usuarios que migrarían de buses convencionales a tren, esta diferencia en velocidad se debe principalmente a: (i) El Tren Eléctrico Urbano transita por las vías férreas parcialmente confinadas, mientras que el transporte convencional requiere compartir la carpeta asfáltica con vehículos particulares y vehículos de carga/servicio, (ii) el trayecto del tren se encuentra priorizado mediante dos pasos a desnivel y un sistema de semaforización para priorizar su paso en todos los cruces a nivel con el transporte motorizado, (iii) el diseño del proyecto del Tren Eléctrico tiene proyectadas ascensos y descensos cada 850 metros, por lo cual se evitan las paradas sin control experimentadas en el transporte convencional como consecuencia de la “Guerra del Centavo”, (iv) en el escenario “con proyecto”, el proceso de cobro no es realizado directamente por el operador.
271. La estimación del promedio de recorrido por pasajero se obtuvo mediante el levantamiento en campo de cada una de las 21 rutas que integran el corredor “*Concepción – Periférico Norte*”, el cual incluye 415 unidades así como también por la modelación de los patrones de movilidad de la Matriz 2009. El recorrido promedio por viaje en la troncal asciende a **5.62 kilómetros**.

272. De acuerdo a la modelación de la demanda que se realizó la distancia en el viaje promedio de los 135,600 pasajeros diarios registra un total de 5.62 Km.

**Tabla 40 Viaje Promedio**

| Viajes Tipo            | Tramo Promedio Km |
|------------------------|-------------------|
| Troncal Exclusiva LTG1 | 5.62              |
| Buses Convencionales   | 5.62              |

Fuente: elaborado por Rehovot

Supuestos para la estimación de Beneficios en Tiempo.

273. Los beneficios resultantes del “tiempo” se originan por la diferencia entre el tiempo que requiere la sumatoria de vehículos para realizar los cruces bajo el “escenario optimizado”, en comparación con el tiempo que requerirán los mismos vehículos realizar la misma maniobra vial bajo un escenario “con proyecto”. La diferencia entre ambas sumatorias de tiempo dará como resultado los beneficios por este concepto.
274. Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis – *incluyendo las esperas por frecuencia*- y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto.
275. El valor del tiempo utilizado para esta evaluación socioeconómica fue publicado en el Boletín Notas 129, Artículo 1, Marzo-Abril 2011, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) 12.
276. De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$27.46 y por motivo de placer de \$16.47 pesos por hora, actualizado 2011.
277. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 57% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 43% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

**Tabla 41 Parámetros para estimar el valor del tiempo (VOT)**

|                                |             |              |
|--------------------------------|-------------|--------------|
| Total Viajes Motivo de Trabajo | 57%         | \$15.65      |
| Total Viajes Motivo de Placer  | 43%         | \$ 7.08      |
| <b>Total Viajes</b>            | <b>100%</b> | <b>22.73</b> |

Fuente: Elaborado por REHOVOT con base en datos del IMT y SITEUR.

278. El segundo insumo importante es el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 129, Artículo 1, Marzo-Abril de 2011, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$27.46 y por motivo de placer de \$16.47 pesos por hora, actualizado a 2011. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla inferior 13.

127

**Tabla 42 Parámetros para estimar el valor del tiempo**

|   |       |           |
|---|-------|-----------|
| <b>Valor del tiempo por motivo de trabajo</b> | 27.46 | \$/hr     |
| <b>Valor del tiempo por motivo de placer</b>  | 16.47 | \$/hr     |
| <b>Número de pasajeros auto</b>               | 2.50  | pas/veh   |
| <b>Número de pasajeros autobús</b>            | 22.00 | pas/veh   |
| <b>Valor del tiempo de la carga</b>           | 15.00 | \$/hr/ton |
| <b>Toneladas promedio</b>                     | 13.80 | ton/veh   |
| <b>Tasa de Descuento</b>                      | 12    | %         |

279. Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto.

280. Para cuantificar el valor monetario del tiempo en el tiempo de viaje que el modelo obtiene en horas, se emplea el valor económico del tiempo de los usuarios, el cual es estimado por el Instituto Mexicano del Transporte. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 129, Artículo 1, Marzo-Abril de 2011, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$27.46 y por motivo de placer de \$16.47 pesos por hora, actualizado a 2011.

Tabla 43 Configuración del valor del tiempo

| <b>Valor Tiempo Motivo de Trabajo (SHP)</b>                                |              |
|--|--------------|
| <b>SHP 2011=</b>   | <b>27.46</b> |
| <i>FIP</i> Factor de ajuste del ingreso promedio de la población=          | 2.936        |
| <i>SMGP</i> Salario mínimo general promedio=                               | \$58.06      |
| <i>HTP</i> Promedio de las horas trabajadas por semana=                    | \$43.47      |
| <b>Valor Tiempo Motivo de Places (VTpp)</b>                                |              |
| <b>VTpp 2011 =</b>   | <b>16.47</b> |
| <i>H</i> Ingreso horario familiar =2* <i>FIP</i> * <i>SMH</i> =            | 54.91        |
| <i>SMH</i> Salario mínimo por hora (en pesos)= <i>SMGP</i> / <i>PHTD</i> = | 9.350        |
| <i>PHTD</i> Promedio de horas trabajadas diarias = <i>HTP</i> /7 =         | 6.209        |
| <i>FIP</i> Factor de ajuste del ingreso promedio de la población=          | 2.936        |
| <i>SMGP</i> Salario mínimo general promedio=                               | \$58.06      |
| <i>HTP</i> Promedio de las horas trabajadas por semana=                    | \$43.47      |

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte



**Tiempo Integrado de Viaje "Con Proyecto"**

| Viajes Tipo | No Transbordos | Demanda | Tramo Promedio | Minutos Recorrido Promedio | Espera | Ascenso | Pago | Tiempo Integrado de Viaje |
|-------------|----------------|---------|----------------|----------------------------|--------|---------|------|---------------------------|
| A           | -              | 100%    | 5.62           | 8.43                       | 5.15   | 0.02    | 0.05 | 13.65                     |
| B           | 1              |         |                |                            |        |         |      | -                         |
| C           | 2              |         |                |                            |        |         |      | -                         |
| D           | 3              |         |                |                            |        |         |      | -                         |
| Total       |                | 100%    |                |                            |        |         |      |                           |

130

**Tiempo Integrado de Viaje "Optimizado"**

| Grupo de Usuarios      | % Demanda L1 Demanda Agregada | Demanda    | Tiempo Integrado de Viaje | Total Minutos por Día | Total Horas por Día |
|------------------------|-------------------------------|------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| Troncal Exclusiva LTG1 | 0%                            | 129,965    | 21.01                     | 2,730,349.82          | 45,505.83           |
| Buses Convencionales   | 100%                          | 29,832     | 31.46                     | 938,575.22            | 15,642.92           |
| Alimentadores          | 0%                            | -          | -                         | -                     | -                   |
| Otros                  | 0%                            | -          | -                         | -                     | -                   |
| Total                  | 100%                          | 159,796.87 | 52.47                     | 3,668,925.04          | 61,148.75           |

**Tiempo Integrado de Viaje con Proyecto**

| Grupo de Usuarios | %    | Demanda      | Tiempo Integrado de Viaje | Total Minutos por Día | Total Horas por Día |
|-------------------|------|--------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| "A"               | 100% | 159,796.87   | 13.65                     | 2,181,227.26          | 36,353.79           |
| "B"               | 0%   | -            | -                         | -                     | -                   |
| "C"               | 0%   | -            | -                         | -                     | -                   |
| "D"               | 0%   | -            | -                         | -                     | -                   |
| Total             | 100% | \$159,796.87 | \$13.65                   | \$2,181,227.26        | \$36,353.79         |

281. Los beneficios derivados por la reducción de tiempo de viaje se expresan a continuación:

**Tabla 44 Beneficio Tiempo - Situación Optimizada y Con Proyecto**

| Situación "Optimizada". |  |   |                     | Situación con "Proyecto" |  |   |                     | Beneficio Tiempo |
|-------------------------|--|---|---------------------|--------------------------|--|---|---------------------|------------------|
| Año                     | Tiempo Integrado de Viaje Diario (Horas) | Tiempo Integrado de Viaje Anual (Horas) | Monetización Tiempo | Año                      | Tiempo Integrado de Viaje Diario (Horas) | Tiempo Integrado de Viaje Anual (Horas) | Monetización Tiempo |                  |
| 0 2013                  | -  | -                                       | -                   | 0 2013                   | -  | -                                       | -                   | -                |
| 1 2014                  | -  | -                                       | -                   | 1 2014                   | -  | -                                       | -                   | -                |
| 2 2015                  | 61,149                                   | 22,319,294                              | 507,408,007.7       | 2 2015                   | 36,354                                   | 13,269,133                              | 301,661,159         | 205,746,849      |
| 3 2016                  | 63,044                                   | 23,011,192                              | 523,137,655.9       | 3 2016                   | 37,481                                   | 13,680,476                              | 311,012,655         | 212,125,001      |
| 4 2017                  | 64,999                                   | 23,724,539                              | 539,354,923.3       | 4 2017                   | 38,643                                   | 14,104,570                              | 320,654,047         | 218,700,876      |
| 5 2018                  | 67,014                                   | 24,460,000                              | 556,074,925.9       | 5 2018                   | 39,841                                   | 14,541,812                              | 330,594,322         | 225,480,603      |
| 6 2019                  | 69,091                                   | 25,218,260                              | 573,313,248.6       | 6 2019                   | 41,076                                   | 14,992,608                              | 340,842,746         | 232,470,502      |
| 7 2020                  | 71,233                                   | 26,000,026                              | 591,085,959.3       | 7 2020                   | 42,349                                   | 15,457,379                              | 351,408,872         | 239,677,088      |
| 8 2021                  | 73,441                                   | 26,806,027                              | 609,409,624.0       | 8 2021                   | 43,662                                   | 15,936,558                              | 362,302,547         | 247,107,077      |
| 9 2022                  | 75,277                                   | 27,476,177                              | 624,644,864.6       | 9 2022                   | 44,753                                   | 16,334,972                              | 371,360,110         | 253,284,754      |
| 10 2023                 | 77,159                                   | 28,163,082                              | 640,260,986.2       | 10 2023                  | 45,872                                   | 16,743,346                              | 380,644,113         | 259,616,873      |
| 11 2024                 | 79,088                                   | 28,867,159                              | 656,267,510.9       | 11 2024                  | 47,019                                   | 17,161,930                              | 390,160,216         | 266,107,295      |
| 12 2025                 | 81,065                                   | 29,588,838                              | 672,674,198.7       | 12 2025                  | 48,194                                   | 17,590,978                              | 399,914,221         | 272,759,977      |
| 13 2026                 | 83,092                                   | 30,328,559                              | 689,491,053.6       | 13 2026                  | 49,399                                   | 18,030,752                              | 409,912,077         | 279,578,977      |
| 14 2027                 | 85,169                                   | 31,086,773                              | 706,728,330.0       | 14 2027                  | 50,634                                   | 18,481,521                              | 420,159,879         | 286,568,451      |
| 15 2028                 | 87,298                                   | 31,863,942                              | 724,396,538.2       | 15 2028                  | 51,900                                   | 18,943,559                              | 430,663,876         | 293,732,663      |
| 16 2029                 | 89,481                                   | 32,660,541                              | 742,506,451.7       | 16 2029                  | 53,198                                   | 19,417,148                              | 441,430,473         | 301,075,979      |
| 17 2030                 | 91,718                                   | 33,477,054                              | 761,069,113.0       | 17 2030                  | 54,528                                   | 19,902,577                              | 452,466,234         | 308,602,879      |
| 18 2031                 | 94,011                                   | 34,313,980                              | 780,095,840.8       | 18 2031                  | 55,891                                   | 20,400,141                              | 463,777,890         | 316,317,951      |
| 19 2032                 | 96,361                                   | 35,171,830                              | 799,598,236.8       | 19 2032                  | 57,288                                   | 20,910,145                              | 475,372,337         | 324,225,899      |
| 20 2033                 | 98,770                                   | 36,051,126                              | 819,588,192.7       | 20 2033                  | 58,720                                   | 21,432,899                              | 487,256,646         | 332,331,547      |
| 21 2034                 | 101,239                                  | 36,952,404                              | 840,077,897.6       | 21 2034                  | 60,188                                   | 21,968,721                              | 499,438,062         | 340,639,836      |
| 22 2035                 | 103,770                                  | 37,876,214                              | 861,079,845.0       | 22 2035                  | 61,693                                   | 22,517,939                              | 511,924,014         | 349,155,831      |
| 23 2036                 | 106,365                                  | 38,823,119                              | 882,606,841.1       | 23 2036                  | 63,235                                   | 23,080,887                              | 524,722,114         | 357,884,727      |
| 24 2037                 | 109,024                                  | 39,793,697                              | 904,672,012.2       | 24 2037                  | 64,816                                   | 23,657,910                              | 537,840,167         | 366,831,845      |
| 25 2038                 | 111,749                                  | 40,788,540                              | 927,288,812.5       | 25 2038                  | 66,437                                   | 24,249,357                              | 551,286,171         | 376,002,642      |
| 26 2039                 | 114,543                                  | 41,808,253                              | 950,471,032.8       | 26 2039                  | 68,098                                   | 24,855,591                              | 565,068,325         | 385,402,708      |
| 27 2040                 | 117,407                                  | 42,853,459                              | 974,232,808.6       | 27 2040                  | 69,800                                   | 25,476,981                              | 579,195,033         | 395,037,775      |
| 28 2041                 | 120,342                                  | 43,924,796                              | 998,588,628.8       | 28 2041                  | 71,545                                   | 26,113,906                              | 593,674,909         | 404,913,720      |
| 29 2042                 | 123,350                                  | 45,022,916                              | 1,023,553,344.5     | 29 2042                  | 73,334                                   | 26,766,753                              | 608,516,782         | 415,036,563      |
| 30 2043                 | 126,434                                  | 46,148,489                              | 1,049,142,178.1     | 30 2043                  | 75,167                                   | 27,435,922                              | 623,729,701         | 425,412,477      |

**20,879,676,885**

**12,413,259,996**

**8,466,416,889**

Fuente: elaborado por Rehovot

### Beneficios no Monetizados del Proyecto

282. El proyecto identifica una serie de beneficios, los cuales a pesar de ser relevantes para la sociedad registran una complejidad en la cuantificación monetaria, por lo cual, la presente evaluación determinó no incluir los este tipo beneficios sociales dentro de la cuantificación económica del “proyecto”.
283. Ahorros por mermas de cobranza. Este beneficio se identifica en aquellos usuarios que migraran de los buses convencionales a la TLG-1, ya que el modelo de transporte de buses convencionales vigente en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) presenta un sistema de cobro obsoleto, en el cual el operador de la unidad debe realizar directamente esta operación. Bajo el escenario con proyecto, el modelo de cobro en el Tren Ligero Urbano pretende desmonetizar por completo del involucramiento del operador en este proceso, para lo cual se sustituye por un sistema automatizado de cobro basado en tarjetas electrónicas de prepago. La sustitución del modelo de recaudo prevé los siguientes beneficios: (i) eliminación de la discrecionalidad del operador a brindar servicio gratuito a determinados pasajeros (como familiares y amigos), (ii) eliminación de la posibilidad de que operador reciba el importe de la tarifa pero que éste no lo contabilice en el proceso de recaudo, y (iii) generación de información estadística oportuna y veraz sobre aforos y comportamiento de la demanda.
284. Para fines de la estimación monetaria de los beneficios se asignó un valor de merma por ingresos equivalente al 2% del total, si bien este número es estimativo, resulta conservador en relación con la evidencia empírica, la cual incluso alcanza niveles de hasta un 10% de mermas sobre ingresos.
285. Ahorros por liberación de vías. Los 20 mil usuarios que migrarían del bus convencional al TEU suponen una liberalización de al menos 40 unidades –*bajo un estimado de 520 pasajeros diarios por unidad*-. La carpeta actual de las vialidades por las cuales circulan las unidades convencionales se construyó de un material denominado “asfalto”, el cual requiere un intenso mantenimiento –*principalmente en temporada de lluvias, ya que la ZCG registra 800 mm anuales de precipitación pluvial*-, el mantenimiento consiste en bacheo, sobre carpeta, re nivelación y pavimentación cada periodo de 10 años. Un beneficio significativo consiste en reducir el costo de mantenimientos por el retiro en de la carpeta asfáltica de 40 unidades convencionales en el primer año de operación del proyecto y 76 unidades en los últimos años del horizonte del proyecto, durante un periodo de 30 años. Adicionalmente, la reducción de buses convencionales en la infraestructura vial permite liberar gestión vial de las unidades de transporte motorizado privado.
286. Incrementos potenciales en el valor catastral. La evidencia empírica internacional indica que los bienes raíces ubicados a lo largo de las troncales de transporte masivo –*como trenes ligeros, sistema suburbanos, BRT, etc.*- tienden a incrementar su valor catastral, esto motivado por el flujo de pasajeros diarios lo cual resulta atractivo para diversos detonadores de ingreso como comercio, servicios y vivienda. Si bien el incremento de valores catastrales pueden entenderse como un beneficio privado, en el largo plazo, generalmente este incremento de valor se traduce en ingresos fiscales para la sociedad en su conjunto a través de incremento de valor catastral de los inmuebles y por ende mayores ingresos por Impuestos Predial y Derechos de Transmisión de Dominio.

### Beneficios por Buses Convencionales Evitados

287. Los beneficios derivados por los ahorros de los buses evitados se sustentan en el hecho que bajo un escenario “optimizado” la demanda de transporte urbano de la troncal “*Periférico Sur-Federalismo –Periférico Norte*” registrara un incremento anual de 2% en el horizonte de 30 años y por lo tanto, este crecimiento supondrá una presión sobre el incremento de la oferta de buses convencionales. Bajo el escenario que la Línea TLG-1 no incremente su capacidad y por ende los usuarios deban buscar el servicio de movilidad en buses convencionales, el parque vehicular y los respectivos costos operativos tenderán a incrementarse.

### **Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios**

- **Ahorro en tiempos de viaje**

288. Los tiempos utilizados para transporte público se obtuvieron de los resultados obtenidos de las asignaciones en el modelo para la demanda del corredor TLG-1. El cálculo considera las matrices de tiempos entre pares de zona, tasas de ocupación y matrices de demanda.
289. El ahorro en tiempo se obtiene cómo la diferencia de los tiempos totales en transporte público de la situación sin proyecto y situación con proyecto, este tiempo está dado en pasajeros horas.
290. Los pasajeros – horas miden el tiempo de recorrido de todos los pasajeros en un tramo, en este caso en los 16.5 km del corredor troncal. Este indicador se encuentra relacionado con la demanda estimada y por lo tanto con los beneficios obtenidos por el ahorro en tiempo de viaje.
291. Para cuantificar monetariamente los ahorros en tiempo de viaje se utiliza el valor económico del tiempo de los usuarios, cuyos valores se tomaron del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). La metodología para su obtención está avalada por la SHCP.

**Tabla 45 Configuración del valor del tiempo**

| <b>Valor Tiempo Motivo de Trabajo (SHP)</b>                       |              |
|---|--------------|
| <b>SHP 2011=</b>  | <b>27.46</b> |
| <i>FIP</i> Factor de ajuste del ingreso promedio de la población= | 2.936        |
| <i>SMGP</i> Salario mínimo general promedio=                      | \$58.06      |
| <i>HTP</i> Promedio de las horas trabajadas por semana=           | \$43.47      |
| <b>Valor Tiempo Motivo de Placer (VTpp)</b>                       |              |
| <b>VTpp 2011 =</b>  | <b>16.47</b> |
| <i>H</i> Ingreso horario familiar =2*FIP*SMH=                     | 54.91        |
| <i>SMH</i> Salario mínimo por hora (en pesos)= SMGP/PHTD =        | 9.350        |
| <i>PHTD</i> Promedio de horas trabajadas diarias = HTP/7 =        | 6.209        |
| <i>FIP</i> Factor de ajuste del ingreso promedio de la población= | 2.936        |
| <i>SMGP</i> Salario mínimo general promedio=                      | \$58.06      |
| <i>HTP</i> Promedio de las horas trabajadas por semana=           | \$43.47      |

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte

292. De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$27.46 y por motivo de placer de \$16.47 pesos por hora, actualizado 2009 para la región Centro Occidente. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 57% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 43% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. Sin embargo para el levantamiento específico de la encuesta Origen y Destino específico de la Línea TLG-1 se determinó que el 89% de los trayectos están vinculados con viajes con motivo de trabajo y eso se comprueba con el porcentaje de boletos que la línea vende para ancianos y estudiantes, denominados como "Transvales". Sin embargo, la presente evaluación considero utilizar para metros más conservadores, con la finalidad de uniformar criterios con otros proyectos de transporte masivo en México.

293. Para obtener un valor del tiempo que considere el total de ahorros en tiempos de viaje, se ponderó el VOT para viajes por motivo de trabajo y el VOT para viajes por motivo de placer con el 57% y el 43% respectivamente, resultando un valor ponderado de 22.73 \$/h.

• Ahorro en Costo Operativo Eléctrico.

294. Para calcular el costo de operación (electricidad) se realizó una estimación de la eficiencia en el consumo energético de los trenes como consecuencia a la implantación de acciones de modificación de tracciones de los trenes como también la modificación de los circuitos.

**Tabla 46 Beneficios por ahorro en costos de operación para el corredor (sin IVA)**

| Año |      | Consumo Energético<br>2.1% | Eficiencia Energética<br>2.1% | Beneficios Eficiencia Energética |
|-----|------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 0   | 2013 |                            |                               | -                                |
| 1   | 2014 |                            |                               | -                                |
| 2   | 2015 | 75,202,848                 | 66,178,506                    | 9,024,342                        |
| 3   | 2016 | 76,782,108                 | 67,568,255                    | 9,213,853                        |
| 4   | 2017 | 78,394,532                 | 68,987,188                    | 9,407,344                        |
| 5   | 2018 | 80,040,817                 | 70,435,919                    | 9,604,898                        |
| 6   | 2019 | 81,721,674                 | 71,915,073                    | 9,806,601                        |
| 7   | 2020 | 83,437,830                 | 73,425,290                    | 10,012,540                       |
| 8   | 2021 | 85,190,024                 | 74,967,221                    | 10,222,803                       |
| 9   | 2022 | 86,979,014                 | 76,541,533                    | 10,437,482                       |
| 10  | 2023 | 88,805,574                 | 78,148,905                    | 10,656,669                       |
| 11  | 2024 | 90,670,491                 | 79,790,032                    | 10,880,459                       |
| 12  | 2025 | 92,574,571                 | 81,465,623                    | 11,108,949                       |
| 13  | 2026 | 94,518,637                 | 83,176,401                    | 11,342,236                       |
| 14  | 2027 | 96,503,529                 | 84,923,105                    | 11,580,423                       |
| 15  | 2028 | 98,530,103                 | 86,706,490                    | 11,823,612                       |
| 16  | 2029 | 100,599,235                | 88,527,327                    | 12,071,908                       |
| 17  | 2030 | 102,711,819                | 90,386,400                    | 12,325,418                       |
| 18  | 2031 | 104,868,767                | 92,284,515                    | 12,584,252                       |
| 19  | 2032 | 107,071,011                | 94,222,490                    | 12,848,521                       |
| 20  | 2033 | 109,319,502                | 96,201,162                    | 13,118,340                       |
| 21  | 2034 | 111,615,212                | 98,221,386                    | 13,393,825                       |
| 22  | 2035 | 113,959,131                | 100,284,035                   | 13,675,096                       |
| 23  | 2036 | 116,352,273                | 102,390,000                   | 13,962,273                       |
| 24  | 2037 | 118,795,671                | 104,540,190                   | 14,255,480                       |
| 25  | 2038 | 121,290,380                | 106,735,534                   | 14,554,846                       |
| 26  | 2039 | 123,837,478                | 108,976,980                   | 14,860,497                       |
| 27  | 2040 | 126,438,065                | 111,265,497                   | 15,172,568                       |
| 28  | 2041 | 129,093,264                | 113,602,072                   | 15,491,192                       |
| 29  | 2042 | 131,804,223                | 115,987,716                   | 15,816,507                       |
| 30  | 2043 | 134,572,111                | 118,423,458                   | 16,148,653                       |

355,401,587

Fuente: Elaborado por Rehovot

**c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad**

**i. VANS o VPNS**

295. El valor actual neto social (VANS) o valor presente neto social (VPNS) es el resultado de la suma de los flujos de un proyecto convertidos éstos a un valor presente mediante una tasa de descuento. Para el caso del proyecto se ha utilizado una tasa del 12% anual en términos reales, de acuerdo a los lineamientos emitidos por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

296. Criterio de decisión:

Si el VANS > 0, el proyecto es rentable y se recomienda efectuarlo

Si el VANS < 0, el proyecto no se debe efectuar

Si el VANS = 0, el proyecto es viable en primera instancia, pero la decisión se debe reforzar con otros elementos de análisis.

$$VAN = \sum \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Dónde:

$Y_t$  = Es el flujo de beneficios del proyecto

$E_t$  = Flujo de costos sociales

$I_0$  = Inversión inicial valorizada en términos sociales

$i$  = Tasa social de descuento.

**ii. Tasa Interna de Retorno Social**

297. La tasa interna de retorno social (TIRS) es la tasa de descuento mediante la cual se iguala el VANS de los flujos generados por el proyecto con la inversión inicial del mismo valorizada a sus costos sociales. Es decir, la TIRS es aquella tasa de descuento que iguala el VANS del proyecto a cero. Una TIRS mayor a la tasa de descuento del proyecto indica que éste ofrece una rentabilidad mayor a la mínima exigida por la sociedad a través de la tasa social de descuento seleccionada.

298. Criterio de decisión:

Si la TIRS > = Tasa social de descuento, el proyecto es viable y se recomienda efectuarlo

Si la TIRS < Tasa de descuento, el proyecto no es viable

$$VAN = I_0 - \sum_t \frac{Flujos_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Dónde:

VANS = Valor actual neto social

$I_0$  = Inversión inicial valorizada a su costo social

Flujos<sub>t</sub> = Flujos del proyecto (ingresos menos egresos sociales).

TIRS = Tasa interna de retorno social

La Tasa de Retorno Inmediata se define utilizando la siguiente fórmula:

(v) Tasa Interna de Retorno Inmediata

$$(BT - Ci \text{ 1er. año}) / (TA) / -VA(Ci)$$

en donde:

|    |   |   |
|----|---|---|
| BT | = | beneficio total 1er. año                            |
| Ci | = | costo de inversión y mantenimiento 1er. año         |
| TA | = | tasa de actualización                               |
| Ci | = | valor actual del costo de inversión y mantenimiento |

### iii. Beneficio/Costo

299. Como su nombre lo indica, la razón beneficio/costo social (B/C) permite comparar la magnitud de todos los flujos positivos generados por el proyecto traídos a VANS en relación con todos sus flujos negativos también estimados en VANS.

300. Criterio de decisión, si el cociente  $B/C \geq 1$ , el proyecto es viable, si  $B/C < 1$ , el proyecto no es viable.

$$B/C = \left| \frac{\sum_t \text{Flujos positivos}_t / (1+i)^t}{\sum_t \text{Flujos negativos}_t / (1+i)^t} \right| = \left| \frac{VPN(\text{Ingresos})}{VPN(\text{Egresos})} \right|$$

#### • Flujos de efectivo social

301. Establecidos los costos sociales de la inversión, los gastos de operación y mantenimiento, la valoración monetaria de los ahorros en costo de operación y tiempo de viaje, se determina el flujo nominal para cada año contemplado dentro del horizonte de evaluación. Estos flujos expresan el resultado de restar anualmente los costos a los beneficios esperados sin considerar para su cálculo ningún factor de descuento o actualización, en términos nominales.

| Año     | Costo                               |  |   |                                  |                         | Ahorros<br>Tiempos | Ahorro<br>Operación | Beneficios<br>Totales | Flujos<br>Nominales |
|---------|-------------------------------------|--|---|----------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|         | Costos Inversión<br>Infraestructura | Costo Materiales<br>y Suministros<br>Capitulo 2000 | Costo Bienes e<br>Muebles e<br>Inmuebles<br>Capitulo 5000 | Costos Equipo<br>Rodante Troncal | Costos<br>Mantenimiento |                    |                     |                       |                     |
| 0 2013  | - 532,800,000                       |  |   |                                  |                         | -                  | -                   |                       | - 532,800,000       |
| 1 2014  | - 355,200,000                       |  |   | - 315,000,000                    |                         | -                  | -                   |                       | - 670,200,000       |
| 2 2015  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 205,746,849        | 9,024,342           | 214,771,191           | 183,005,876         |
| 3 2016  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 212,125,001        | 9,213,853           | 221,338,854           | 189,573,539         |
| 4 2017  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 218,700,876        | 9,407,344           | 228,108,220           | 196,342,905         |
| 5 2018  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 225,480,603        | 9,604,898           | 235,085,502           | 203,320,187         |
| 6 2019  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 232,470,502        | 9,806,601           | 242,277,103           | 210,511,788         |
| 7 2020  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 33,632,000            | 239,677,088        | 10,012,540          | 249,689,627           | 200,164,313         |
| 8 2021  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 247,107,077        | 10,222,803          | 257,329,880           | 225,564,566         |
| 9 2022  |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  | - 315,000,000                    | - 15,872,000            | 253,284,754        | 10,437,482          | 263,722,236           | - 83,043,079        |
| 10 2023 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 259,616,873        | 10,656,669          | 270,273,542           | 238,508,227         |
| 11 2024 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 266,107,295        | 10,880,459          | 276,987,754           | 245,222,439         |
| 12 2025 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 272,759,977        | 11,108,949          | 283,868,926           | 252,103,611         |
| 13 2026 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 279,578,977        | 11,342,236          | 290,921,213           | 259,155,899         |
| 14 2027 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 33,632,000            | 286,568,451        | 11,580,423          | 298,148,875           | 248,623,560         |
| 15 2028 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 293,732,663        | 11,823,612          | 305,556,275           | 273,790,960         |
| 16 2029 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 301,075,979        | 12,071,908          | 313,147,887           | 281,382,573         |
| 17 2030 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 308,602,879        | 12,325,418          | 320,928,297           | 289,162,982         |
| 18 2031 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 51,392,000            | 316,317,951        | 12,584,252          | 328,902,203           | 261,616,888         |
| 19 2032 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 324,225,899        | 12,848,521          | 337,074,421           | 305,309,106         |
| 20 2033 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  | - 315,000,000                    | - 15,872,000            | 332,331,547        | 13,118,340          | 345,449,887           | - 1,315,428         |
| 21 2034 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 33,632,000            | 340,639,836        | 13,393,825          | 354,033,661           | 304,508,346         |
| 22 2035 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 349,155,831        | 13,675,096          | 362,830,927           | 331,065,612         |
| 23 2036 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 357,884,727        | 13,962,273          | 371,847,000           | 340,081,685         |
| 24 2037 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 366,831,845        | 14,255,480          | 381,087,326           | 349,322,011         |
| 25 2038 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 376,002,642        | 14,554,846          | 390,557,487           | 358,792,172         |
| 26 2039 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 385,402,708        | 14,860,497          | 400,263,205           | 368,497,890         |
| 27 2040 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 395,037,775        | 15,172,568          | 410,210,343           | 378,445,028         |
| 28 2041 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 33,632,000            | 404,913,720        | 15,491,192          | 420,404,911           | 370,879,597         |
| 29 2042 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 415,036,563        | 15,816,507          | 430,853,069           | 399,087,755         |
| 30 2043 |                                     | -10,541,956  | -5,351,359  |                                  | - 15,872,000            | 425,412,477        | 16,148,653          | 441,561,130           | 409,795,815         |

|              |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                    |                      |                      |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Total</b> | <b>- 888,000,000</b> | <b>- 305,716,720</b> | <b>- 155,189,407</b> | <b>- 945,000,000</b> | <b>- 566,848,000</b> | <b>8,891,829,365</b> | <b>355,401,587</b> | <b>9,247,230,953</b> | <b>6,386,476,826</b> |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|

Fuente: Elaborado por Rehovot

• **Flujos descontados**

302. Para la obtención de los flujos descontados anuales se procedió a utilizar un factor de descuento, con la intención de obtener los flujos a valor presente. En este caso se utilizó una tasa social de descuento del 12% anual real, en los términos en que la definen los “Lineamientos para la

elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”.

**Tabla 48 Flujos descontados para el corredor**

| Año     | Costo                            |  |  |                               |                      | Ahorros Tiempos | Ahorro Operación | Total Beneficios Netos | VNP           |
|---------|----------------------------------|--|--|-------------------------------|----------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------|
|         | Costos Inversión Infraestructura | Costo Materiales y Suministros Capitulo 2000 | Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capitulo 5000 | Costos Equipo Rodante Troncal | Costos Mantenimiento |                 |                  |                        |               |
| 0 2013  | - 532,800,000                    |  |  |                               |                      |                 |                  | -                      | - 532,800,000 |
| 1 2014  | - 317,142,857                    |  |  | - 281,250,000                 |                      |                 |                  | -                      | - 598,392,857 |
| 2 2015  | -                                | - 8,403,983                                  | - 4,266,071                                    | -                             | - 12,653,061         | 164,020,128     | 7,194,150        | 171,214,278            | 145,891,164   |
| 3 2016  | -                                | - 7,503,556                                  | - 3,808,992                                    | -                             | - 11,297,376         | 150,986,386     | 6,558,239        | 157,544,624            | 134,934,701   |
| 4 2017  | -                                | - 6,699,604                                  | - 3,400,885                                    | -                             | - 10,086,943         | 138,988,361     | 5,978,537        | 144,966,898            | 124,779,466   |
| 5 2018  | -                                | - 5,981,789                                  | - 3,036,505                                    | -                             | - 9,006,199          | 127,943,750     | 5,450,077        | 133,393,827            | 115,369,334   |
| 6 2019  | -                                | - 5,340,883                                  | - 2,711,165                                    | -                             | - 8,041,249          | 117,776,791     | 4,968,329        | 122,745,120            | 106,651,823   |
| 7 2020  | -                                | - 4,768,645                                  | - 2,420,683                                    | -                             | - 15,213,409         | 108,417,743     | 4,529,164        | 112,946,907            | 90,544,170    |
| 8 2021  | -                                | - 4,257,719                                  | - 2,161,324                                    | -                             | - 6,410,435          | 99,802,404      | 4,128,819        | 103,931,223            | 91,101,745    |
| 9 2022  | -                                | - 3,801,535                                  | - 1,929,754                                    | - 113,592,158                 | - 5,723,602          | 91,337,022      | 3,763,861        | 95,100,882             | - 29,946,167  |
| 10 2023 | -                                | - 3,394,228                                  | - 1,722,994                                    | -                             | - 5,110,359          | 83,589,685      | 3,431,162        | 87,020,847             | 76,793,266    |
| 11 2024 | -                                | - 3,030,560                                  | - 1,538,388                                    | -                             | - 4,562,821          | 76,499,488      | 3,127,872        | 79,627,360             | 70,495,591    |
| 12 2025 | -                                | - 2,705,857                                  | - 1,373,561                                    | -                             | - 4,073,947          | 70,010,693      | 2,851,390        | 72,862,083             | 64,708,718    |
| 13 2026 | -                                | - 2,415,944                                  | - 1,226,393                                    | -                             | - 3,637,453          | 64,072,286      | 2,599,348        | 66,671,633             | 59,391,843    |
| 14 2027 | -                                | - 2,157,093                                  | - 1,094,994                                    | -                             | - 6,881,774          | 58,637,583      | 2,369,584        | 61,007,167             | 50,873,306    |
| 15 2028 | -                                | - 1,925,976                                  | - 977,673                                      | -                             | - 2,899,755          | 53,663,859      | 2,160,130        | 55,823,989             | 50,020,585    |
| 16 2029 | -                                | - 1,719,621                                  | - 872,923                                      | -                             | - 2,589,067          | 49,112,014      | 1,969,190        | 51,081,204             | 45,899,593    |
| 17 2030 | -                                | - 1,535,376                                  | - 779,395                                      | -                             | - 2,311,667          | 44,946,263      | 1,795,127        | 46,741,390             | 42,114,952    |
| 18 2031 | -                                | - 1,370,872                                  | - 695,889                                      | -                             | - 6,682,995          | 41,133,857      | 1,636,451        | 42,770,308             | 34,020,553    |
| 19 2032 | -                                | - 1,223,993                                  | - 621,329                                      | -                             | - 1,842,847          | 37,644,824      | 1,491,800        | 39,136,625             | 35,448,456    |
| 20 2033 | -                                | - 1,092,850                                  | - 554,758                                      | - 32,655,031                  | - 1,645,399          | 34,451,736      | 1,359,936        | 35,811,672             | - 136,366     |
| 21 2034 | -                                | - 975,759                                    | - 495,320                                      | -                             | - 3,112,965          | 31,529,491      | 1,239,727        | 32,769,218             | 28,185,174    |
| 22 2035 | -                                | - 871,214                                    | - 442,250                                      | -                             | - 1,311,702          | 28,855,114      | 1,130,144        | 29,985,259             | 27,360,093    |
| 23 2036 | -                                | - 777,869                                    | - 394,866                                      | -                             | - 1,171,162          | 26,407,582      | 1,030,248        | 27,437,830             | 25,093,932    |
| 24 2037 | -                                | - 694,526                                    | - 352,559                                      | -                             | - 1,045,681          | 24,167,654      | 939,181          | 25,106,835             | 23,014,069    |
| 25 2038 | -                                | - 620,113                                    | - 314,785                                      | -                             | - 933,644            | 22,117,719      | 856,164          | 22,973,883             | 21,105,342    |
| 26 2039 | -                                | - 553,672                                    | - 281,058                                      | -                             | - 833,610            | 20,241,662      | 780,485          | 21,022,148             | 19,353,807    |
| 27 2040 | -                                | - 494,350                                    | - 250,944                                      | -                             | - 744,295            | 18,524,735      | 711,496          | 19,236,231             | 17,746,642    |
| 28 2041 | -                                | - 441,384                                    | - 224,057                                      | -                             | - 1,408,147          | 16,953,441      | 648,605          | 17,602,046             | 15,528,457    |
| 29 2042 | -                                | - 394,093                                    | - 200,051                                      | -                             | - 593,347            | 15,515,426      | 591,273          | 16,106,699             | 14,919,207    |
| 30 2043 | -                                | - 351,869                                    | - 178,617                                      | -                             | - 529,774            | 14,199,385      | 539,009          | 14,738,394             | 13,678,134    |

|               |              |              |               |               |               |            |               |             |
|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| - 849,942,857 | - 75,504,933 | - 38,328,181 | - 427,497,189 | - 132,354,684 | 1,831,547,082 | 75,829,498 | 1,907,376,579 | 383,748,735 |
|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|---------------|-------------|

Fuente: elaborado por Rehovot

• **Indicadores de rentabilidad social**

303. Los resultados de la evaluación confirman su viabilidad desde el punto de vista socioeconómico realizando su cálculo con los parámetros avalados por la UI-SHCP se observan en la Tabla inferior.

Tabla 49 Indicadores de rentabilidad social para el corredor

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Valor Presente de Costo</b>                        | <b>- 1,523,627,845</b> |
| <b>Costos Inversión Infraestructura</b>               | - 849,942,857          |
| <b>Costo Materiales y Suministros Capitulo 2000</b>   | - 75,504,933           |
| <b>Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capitulo 5000</b> | - 38,328,181           |
| <b>Costos Equipo Rodante Troncal</b>                  | - 427,497,189          |
| <b>Costos Mantenimiento</b>                           | - 132,354,684          |
| <b>Valores Presente de los Beneficios</b>             | <b>1,907,376,579</b>   |
| <b>Ahorros Tiempos</b>                                | 1,831,547,082          |
| <b>Ahorro Operación</b>                               | 75,829,498             |
| <b>Valor Presente Neto Social</b>                     | <b>383,748,735</b>     |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social</b>                 | <b>15.64%</b>          |
| <b>Relación Beneficio/Costo</b>                       | <b>1.33</b>            |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social Inmediato</b>       | <b>14.26%</b>          |

Fuente: elaborado por Rehovot

304. El proyecto registra una Tasa de Retorno Inmediata TIRI equivalente al 15.64% para el proyecto de "Línea TLG-1", como consecuencia, el proyecto puede iniciarse de acuerdo al calendario proyectado, ya que los flujos de beneficios no requieren de consolidarse en años posteriores.

**d) Análisis de sensibilidad**

305. Mediante este análisis, se deberán identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, esto es, el VPN, la TIR y, en su caso, la TRI. Entre otros aspectos, deberá considerarse el efecto derivado de variaciones porcentuales en los siguiente componentes de la evaluación: El monto total de inversión, los costos de operación y mantenimiento, los beneficios, en la demanda, el precio de los principales insumos y los bienes y servicios producidos, etc., asimismo, se deberá señalar la variación porcentual de estos rubros con la que el VPN sería igual a cero.

306. Finalmente, se deberán considerar los riesgos asociados tanto en la etapa de ejecución del proyecto como en su operación que puedan afectar su viabilidad y rentabilidad.

307. Con el fin de evaluar márgenes de variación posible en la estimación de los factores de costos o beneficios, se plantea un análisis de sensibilidad de éstos modificando los valores iniciales de los componentes más significativos para estimar el comportamiento de cada una de las variables bajo escenarios de estrés.
308. Las tablas presentadas en esta sección se interpretan de la siguiente forma: el factor de sensibilidad determina la variación del componente considerado: Costo de inversión en infraestructura, inversión en trenes, externalidades negativas por retraso de tiempo durante el periodo de construcción, costo mantenimiento, así como también para los beneficios operativos, reducción de tiempo, y valor buses convencionales evitados. Para cada uno de los escenarios fueron estimadas variaciones de aumento del  $\pm 60\%$ , *-aumento de flujo en el caso de las inversiones –costo-, así como una disminución en el mismo porcentaje en el caso de los beneficios-*.
309. Para todos los escenarios de incremento en caso de costos y decremento en caso de beneficios se registró una TIR y TIRI superior a la tasa mínima aceptada del 12%, con excepción de solo dos escenarios en los cuales un escenario de estrés arroja rendimientos negativos, estos casos son: (i) un incremento de inversión en un 60% adicional sobre el presupuestado lo cual generaría un rendimiento social del 10.03%, (ii) en el escenario de disminución de los beneficios por tiempo del proyecto en un 60% de los proyectado, la cual registraría una TIRS de 9.63%. La reducción de los beneficios por ahorros de tiempo pueden generarse por la combinación de dos factores: (i) Disminución de velocidad crucero y (ii) disminución en la demanda. Sin embargo, la evidencia empírica internacional, indican que la probabilidad de que los trenes ligeros viajen a la mitad de la velocidad crucero de diseño, es decir 20 km/h, resulta poco probable, ya que dicha velocidad es menor que la registrada bajo el escenario “Optimizado”. Por otra parte, para alcanzar una disminución de la demanda sería necesaria una caída de 75 mil ppd, lo cual es un monto inferior al volumen de pasajeros diarios con el que opera la Línea TLG-1 en “Situación Actual”.

**Tabla 50 Análisis de sensibilidad respecto al monto de inversión**

| Componente                       | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |       |
|----------------------------------|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| Costos Inversión Infraestructura | 0.4                    | 893,714,449        | 2.37        | 26.62%        | 35.65%        |       |
|                                  | 0.5                    | 808,720,163        | 2.10        | 23.71%        | 28.52%        |       |
|                                  | 0.6                    | 723,725,878        | 1.88        | 21.43%        | 23.77%        |       |
|                                  | 0.7                    | 638,731,592        | 1.70        | 19.58%        | 20.37%        |       |
|                                  | 0.8                    | 553,737,306        | 1.56        | 18.05%        | 17.82%        |       |
|                                  | 0.9                    | 468,743,020        | 1.44        | 16.75%        | 15.84%        |       |
|                                  | <b>1.0</b>             | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |       |
|                                  | 1.1                    | 298,754,449        | 1.24        | 14.66%        | 12.96%        |       |
|                                  | 1.2                    | 213,760,163        | 1.16        | 13.80%        | 11.88%        |       |
|                                  | 1.3                    | 128,765,878        | 1.09        | 13.02%        | 10.97%        |       |
|                                  | 1.4                    | 43,771,592         | 1.03        | 12.33%        | 10.19%        |       |
|                                  | 1.5                    | -                  | 69,532,122  | 0.97          | 11.70%        | 9.51% |
|                                  | 1.6                    | -                  | 126,216,980 | 0.92          | 11.13%        | 8.91% |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 51 Análisis de sensibilidad respecto al monto de materiales y suministros - capítulo 2000-**

| Componente  | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |
|---|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| <b>Costo Materiales y Suministros Capítulo 2000</b> | 0.4                    | 429,051,695        | 1.37        | 16.06%        | 14.75%        |
|   | 0.5                    | 421,501,201        | 1.36        | 15.99%        | 14.67%        |
|   | 0.6                    | 413,950,708        | 1.36        | 15.92%        | 14.59%        |
|   | 0.7                    | 406,400,215        | 1.35        | 15.85%        | 14.51%        |
|   | 0.8                    | 398,849,721        | 1.34        | 15.78%        | 14.42%        |
|   | 0.9                    | 391,299,228        | 1.34        | 15.71%        | 14.34%        |
|   | <b>1.0</b>             | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |
|   | 1.1                    | 376,198,241        | 1.32        | 15.56%        | 14.18%        |
|   | 1.2                    | 368,647,748        | 1.32        | 15.49%        | 14.09%        |
|   | 1.3                    | 361,097,255        | 1.31        | 15.42%        | 14.01%        |
|   | 1.4                    | 353,546,761        | 1.30        | 15.35%        | 13.93%        |
|   | 1.5                    | 345,996,268        | 1.30        | 15.28%        | 13.85%        |
|   | 1.6                    | 338,445,775        | 1.29        | 15.21%        | 13.77%        |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 52 Análisis de sensibilidad respecto al monto de bienes muebles e inmuebles - capítulo 5000-**

| Componente  | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |
|---|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| <b>Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capítulo 5000</b> | 0.4                    | 334,041,206        | 1.35        | 15.85%        | 14.51%        |
|   | 0.5                    | 402,912,825        | 1.35        | 15.82%        | 14.47%        |
|   | 0.6                    | 399,080,007        | 1.34        | 15.78%        | 14.43%        |
|   | 0.7                    | 395,247,189        | 1.34        | 15.74%        | 14.38%        |
|   | 0.8                    | 391,414,371        | 1.34        | 15.71%        | 14.34%        |
|   | 0.9                    | 387,581,553        | 1.33        | 15.67%        | 14.30%        |
|   | <b>1.0</b>             | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |
|   | 1.1                    | 379,915,917        | 1.33        | 15.60%        | 14.22%        |
|   | 1.2                    | 376,083,098        | 1.32        | 15.56%        | 14.18%        |
|   | 1.3                    | 372,250,280        | 1.32        | 15.53%        | 14.13%        |
|   | 1.4                    | 368,417,462        | 1.32        | 15.49%        | 14.09%        |
|   | 1.5                    | 364,584,644        | 1.31        | 15.45%        | 14.05%        |
|   | 1.6                    | 360,751,826        | 1.31        | 15.42%        | 14.01%        |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 53 Análisis de sensibilidad respecto al monto de Equipo Rodante Troncal**

| Componente                    | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| Costos Equipo Rodante Troncal | 0.4                    | 640,247,048        | 1.67        | 18.74%        | 14.26%        |
|                               | 0.5                    | 597,497,329        | 1.60        | 18.17%        | 14.26%        |
|                               | 0.6                    | 554,747,610        | 1.54        | 17.63%        | 14.26%        |
|                               | 0.7                    | 511,997,891        | 1.49        | 17.11%        | 14.26%        |
|                               | 0.8                    | 469,248,172        | 1.43        | 16.60%        | 14.26%        |
|                               | 0.9                    | 426,498,454        | 1.38        | 16.11%        | 14.26%        |
|                               | <b>1.0</b>             | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |
|                               | 1.1                    | 340,999,016        | 1.28        | 15.18%        | 14.26%        |
|                               | 1.2                    | 298,249,297        | 1.24        | 14.74%        | 14.26%        |
|                               | 1.3                    | 255,499,578        | 1.20        | 14.31%        | 14.26%        |
|                               | 1.4                    | 212,749,859        | 1.16        | 13.89%        | 14.26%        |
|                               | 1.5                    | 170,000,140        | 1.12        | 13.49%        | 14.26%        |
|                               | 1.6                    | 127,250,421        | 1.09        | 13.10%        | 14.26%        |

Fuente: elaborado por Rehovot

310. En el caso del monto de mantenimiento, es posible observar que si este llegara a incrementarse hasta en un 60%, los indicadores de rentabilidad resultan favorables.

**Tabla 54 Análisis de sensibilidad respecto al monto de mantenimiento**

| Componente           | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |
|----------------------|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| Costos Mantenimiento | 0.4                    | 463,161,545        | 1.40        | 16.37%        | 37.50%        |
|                      | 0.5                    | 449,926,077        | 1.39        | 16.25%        | 29.76%        |
|                      | 0.6                    | 436,690,608        | 1.38        | 16.13%        | 24.59%        |
|                      | 0.7                    | 423,455,140        | 1.37        | 16.00%        | 20.90%        |
|                      | 0.8                    | 410,219,672        | 1.35        | 15.88%        | 18.13%        |
|                      | 0.9                    | 396,984,203        | 1.34        | 15.76%        | 15.98%        |
|                      | <b>1.0</b>             | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |
|                      | 1.1                    | 370,513,266        | 1.32        | 15.51%        | 14.14%        |
|                      | 1.2                    | 357,277,798        | 1.31        | 15.39%        | 14.01%        |
|                      | 1.3                    | 344,042,329        | 1.30        | 15.27%        | 13.89%        |
|                      | 1.4                    | 330,806,861        | 1.28        | 15.14%        | 13.76%        |
|                      | 1.5                    | 317,571,392        | 1.27        | 15.02%        | 13.64%        |
|                      | 1.6                    | 304,335,924        | 1.26        | 14.90%        | 13.52%        |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 55 Análisis de sensibilidad para beneficios por costos de operación**

| Componente       | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |
|------------------|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| Ahorro Operación | 0.4                    | 338,251,036        | 1.29        | 15.22%        | 34.59%        |
|                  | 0.5                    | 345,833,986        | 1.30        | 15.29%        | 27.82%        |
|                  | 0.6                    | 353,416,935        | 1.30        | 15.36%        | 23.30%        |
|                  | 0.7                    | 360,999,885        | 1.31        | 15.43%        | 20.07%        |
|                  | 0.8                    | 368,582,835        | 1.32        | 15.50%        | 17.65%        |
|                  | 0.9                    | 376,165,785        | 1.32        | 15.57%        | 15.77%        |
|                  | 1.0                    | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |
|                  | 1.1                    | 391,331,684        | 1.34        | 15.71%        | 14.33%        |
|                  | 1.2                    | 398,914,634        | 1.34        | 15.77%        | 14.40%        |
|                  | 1.3                    | 406,497,584        | 1.35        | 15.84%        | 14.47%        |
|                  | 1.4                    | 414,080,534        | 1.36        | 15.91%        | 14.54%        |
|                  | 1.5                    | 421,663,484        | 1.36        | 15.98%        | 14.61%        |
|                  | 1.6                    | 429,246,433        | 1.37        | 16.05%        | 14.68%        |

Fuente: elaborado por Rehovot

**Tabla 56 Análisis de sensibilidad para los beneficios por tiempo de viaje**

| Componente      | Factor de sensibilidad | VPN                | B/C         | TIR           | TIRI          |
|-----------------|------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| Ahorros Tiempos | 0.4                    | -715,179,514       | 0.42        | 3.67%         | 11.60%        |
|                 | 0.5                    | -532,024,806       | 0.57        | 6.15%         | 12.49%        |
|                 | 0.6                    | -348,870,098       | 0.71        | 8.33%         | 13.08%        |
|                 | 0.7                    | -165,715,390       | 0.86        | 10.31%        | 13.50%        |
|                 | 0.8                    | 17,439,318         | 1.01        | 12.17%        | 13.82%        |
|                 | 0.9                    | 200,594,027        | 1.17        | 13.94%        | 14.06%        |
|                 | 1.0                    | <b>383,748,735</b> | <b>1.33</b> | <b>15.64%</b> | <b>14.26%</b> |
|                 | 1.1                    | 566,903,443        | 1.49        | 17.28%        | 15.86%        |
|                 | 1.2                    | 750,058,151        | 1.66        | 18.88%        | 17.47%        |
|                 | 1.3                    | 933,212,859        | 1.82        | 20.44%        | 19.07%        |
|                 | 1.4                    | 1,116,367,567      | 1.99        | 21.98%        | 20.67%        |
|                 | 1.5                    | 1,299,522,275      | 2.15        | 23.48%        | 22.27%        |
|                 | 1.6                    | 1,482,676,984      | 2.31        | 24.97%        | 23.88%        |

Fuente: elaborado por Rehovot

### e) Análisis de riesgos

#### Riesgo de retraso de entrada en operación del proyecto.

311. En un proyecto de esta complejidad, el cual involucra la interrelación de acciones técnicas, financieras y políticas siempre existe el riesgo latente que el inicio de operación sufra retrasados de al menos de un año. Estos retrasos pueden surgir derivados de una serie de factores como (i) Retraso en las obras de infraestructura, (ii) Impugnaciones de fallos de procesos licitación, (iii) procesos de negociación con operadores de vehículos convencionales más complicados que los previstos originalmente, (iv) restricciones financieras, entre otras. Como resultado a estos posibles escenarios se realizó un ejercicio para estimar los rendimientos sociales del proyecto de "Línea TLG-1", bajo la premisa que tuviera un año de retraso en su operación, no obstante los resultados del

proyecto se mantendrían por encima de la tasa mínima aceptable del 12%, con una TIRS de 13.83% y un VPNS de Mx 212.5 millones.

**Tabla 57 Flujos descontados al tercer año**

|         | Costo                        |   |   |                           |  | Ahorros<br>Tiempos   | Ahorro<br>Operación | Total<br>Beneficios<br>Netos | VNP                |
|---------|------------------------------|---|---|---------------------------|--|----------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
|         | Inversión<br>Infraestructura | Costo<br>Materiales y<br>Suministros<br>Capitulo 2000 | Costo Bienes<br>Muebles e<br>Inmuebles<br>Capitulo 5000 | Equipo Rodante<br>Troncal | Costos<br>Adicionales<br>Mantenimiento |                      |                     |                              |                    |
| 0 2013  | - 532,800,000                |   |   |                           |  |                      |                     |                              | - 532,800,000      |
| 1 2014  | - 317,142,857                |   |   | - 281,250,000             |  |                      |                     |                              | - 598,392,857      |
| 2 2015  | -                            | 8,403,983   | - 4,266,071   |                           | - 12,653,061                           |                      |                     |                              | - 25,323,114       |
| 3 2016  | -                            | 7,503,556   | - 3,808,992   |                           | - 11,297,376                           | 150,986,386          | 6,558,239           | 157,544,624                  | 134,934,701        |
| 4 2017  | -                            | 6,699,604   | - 3,400,885   |                           | - 10,086,943                           | 138,988,361          | 5,978,537           | 144,966,898                  | 124,779,466        |
| 5 2018  | -                            | 5,981,789   | - 3,036,505   |                           | - 9,006,199                            | 127,943,750          | 5,450,077           | 133,393,827                  | 115,369,334        |
| 6 2019  | -                            | 5,340,883   | - 2,711,165   |                           | - 8,041,249                            | 117,776,791          | 4,968,329           | 122,745,120                  | 106,651,823        |
| 7 2020  | -                            | 4,768,645   | - 2,420,683   |                           | - 15,213,409                           | 108,417,743          | 4,529,164           | 112,946,907                  | 90,544,170         |
| 8 2021  | -                            | 4,257,719   | - 2,161,324   |                           | - 6,410,435                            | 99,802,404           | 4,128,819           | 103,931,223                  | 91,101,745         |
| 9 2022  | -                            | 3,801,535   | - 1,929,754   | - 113,592,158             | - 5,723,602                            | 91,337,022           | 3,763,861           | 95,100,882                   | - 29,946,167       |
| 10 2023 | -                            | 3,394,228   | - 1,722,994   |                           | - 5,110,359                            | 83,589,685           | 3,431,162           | 87,020,847                   | 76,793,266         |
| 11 2024 | -                            | 3,030,560   | - 1,538,388   |                           | - 4,562,821                            | 76,499,488           | 3,127,872           | 79,627,360                   | 70,495,591         |
| 12 2025 | -                            | 2,705,857   | - 1,373,561   |                           | - 4,073,947                            | 70,010,693           | 2,851,390           | 72,862,083                   | 64,708,718         |
| 13 2026 | -                            | 2,415,944   | - 1,226,393   |                           | - 3,637,453                            | 64,072,286           | 2,599,348           | 66,671,633                   | 59,391,843         |
| 14 2027 | -                            | 2,157,093   | - 1,094,994   |                           | - 6,881,774                            | 58,637,583           | 2,369,584           | 61,007,167                   | 50,873,306         |
| 15 2028 | -                            | 1,925,976   | - 977,673   |                           | - 2,899,755                            | 53,663,859           | 2,160,130           | 55,823,989                   | 50,020,585         |
| 16 2029 | -                            | 1,719,621   | - 872,923   |                           | - 2,589,067                            | 49,112,014           | 1,969,190           | 51,081,204                   | 45,899,593         |
| 17 2030 | -                            | 1,535,376   | - 779,395   |                           | - 2,311,667                            | 44,946,263           | 1,795,127           | 46,741,390                   | 42,114,952         |
| 18 2031 | -                            | 1,370,872   | - 695,889   |                           | - 6,682,995                            | 41,133,857           | 1,636,451           | 42,770,308                   | 34,020,553         |
| 19 2032 | -                            | 1,223,993   | - 621,329   |                           | - 1,842,847                            | 37,644,824           | 1,491,800           | 39,136,625                   | 35,448,456         |
| 20 2033 | -                            | 1,092,850   | - 554,758   | - 32,655,031              | - 1,645,399                            | 34,451,736           | 1,359,936           | 35,811,672                   | - 136,366          |
| 21 2034 | -                            | 975,759   | - 495,320   |                           | - 3,112,965                            | 31,529,491           | 1,239,727           | 32,769,218                   | 28,185,174         |
| 22 2035 | -                            | 871,214   | - 442,250   |                           | - 1,311,702                            | 28,855,114           | 1,130,144           | 29,985,259                   | 27,360,093         |
| 23 2036 | -                            | 777,869   | - 394,866   |                           | - 1,171,162                            | 26,407,582           | 1,030,248           | 27,437,830                   | 25,093,932         |
| 24 2037 | -                            | 694,526   | - 352,559   |                           | - 1,045,681                            | 24,167,654           | 939,181             | 25,106,835                   | 23,014,069         |
| 25 2038 | -                            | 620,113   | - 314,785   |                           | - 933,644                              | 22,117,719           | 856,164             | 22,973,883                   | 21,105,342         |
| 26 2039 | -                            | 553,672   | - 281,058   |                           | - 833,610                              | 20,241,662           | 780,485             | 21,022,148                   | 19,353,807         |
| 27 2040 | -                            | 494,350   | - 250,944   |                           | - 744,295                              | 18,524,735           | 711,496             | 19,236,231                   | 17,746,642         |
| 28 2041 | -                            | 441,384   | - 224,057   |                           | - 1,408,147                            | 16,953,441           | 648,605             | 17,602,046                   | 15,528,457         |
| 29 2042 | -                            | 394,093   | - 200,051   |                           | - 593,347                              | 15,515,426           | 591,273             | 16,106,699                   | 14,919,207         |
| 30 2043 | -                            | 351,869   | - 178,617   |                           | - 529,774                              | 14,199,385           | 539,009             | 14,738,394                   | 13,678,134         |
|         | <b>- 849,942,857</b>         |   |   | <b>- 427,497,189</b>      | <b>- 132,354,684</b>                   | <b>1,667,526,953</b> | <b>68,635,348</b>   | <b>1,736,162,301</b>         | <b>212,534,456</b> |

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 58 Indicadores de rentabilidad social para el corredor al tercer año

|   |                      |
|---|----------------------|
| Valor Presente de Costo                         | - 1,523,627,845      |
| Inversión Infraestructura                       | - 849,942,857        |
| Costo Materiales y Suministros Capitulo 2000    | - 75,504,933         |
| Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capitulo 5000  | - 38,328,181         |
| Equipo Rodante Troncal                          | - 427,497,189        |
| Costos Adicionales Mantenimiento                | - 132,354,684        |
| <b>Valores Presente de los Beneficios</b>       | <b>1,736,162,301</b> |
| Tiempo Operativo                                | 1,667,526,953        |
|   | 68,635,348           |
| <b>Valor Presente Neto Social</b>               | <b>212,534,456</b>   |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social</b>           | <b>13.83%</b>        |
| <b>Relación Beneficio/Costo</b>                 | <b>1.18</b>          |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social Inmediato</b> | <b>14.33%</b>        |

Fuente: elaborado por Rehovot

Supuestos de reducción de riesgos políticos.

312. Dos de los tres Alcaldes involucrados en el proyecto de Tren Urbano Eléctrico Línea 3 –*el cual incluye la repotenciación de la Línea TLG-1-* correspondientes a Tlaquepaque y Guadalajara firmaron un acuerdo de apoyo para el desarrollo del presente proyecto de infraestructura de movilidad urbana. Este hecho reduce los riesgos de que el presente proyecto pudiese ser cancelado como resultado de las coyunturas políticas, como sucedió con la “*FASE II de Macrobus*”. Bajo el acuerdo están representadas las tres principales fuerzas políticas del estado, el PAN en el Gobierno del estado de Jalisco, el PRI en los Ayuntamientos de Guadalajara y Tlaquepaque. Este acto supone una reducción del riesgo que los ciclos políticos pudiesen obstaculizar el desarrollo del presente proyecto. A continuación se detallan los alcances del acuerdo:

**ACUERDO DE COLABORACIÓN Y COORDINACIÓN INTERMUNICIPAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA TRES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO – TREN LIGERO, QUE SUSCRIBEN LOS MUNICIPIOS DE GUADALAJARA, TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA Y TLAQUEPAQUE, TODOS, DEL ESTADO DE JALISCO**

LOS MUNICIPIOS, REPRESENTADOS POR SUS PRESIDENTES MUNICIPALES DE GUADALAJARA, **JORGE ARISTÓTELES SANDOVAL DÍAZ**, DE TLAQUEPAQUE, **MIGUEL CASTRO REYNOSO** Y DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, **ENRIQUE ALFARO RAMÍREZ**.

Con fundamento

1. En el artículo 115, fracción III párrafo 3 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el numeral 81, párrafo 2 de la Constitución Política del Estado de Jalisco relativo a las facultades de los Municipios para coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan;
2. En el artículo 80, fracción X de la Constitución Política del Estado de Jalisco, los municipios a través de sus Ayuntamientos, estarán facultados para celebrar convenios de coordinación, establecer mecanismos de colaboración y crear figuras de asociación con otros Ayuntamientos cuando estos pertenezcan a una misma área metropolitana;

3. En las facultades constitucionales de los Municipios para intervenir en la formulación y la aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial según el artículo 115, fracción V inciso h) de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como en el artículo 80, fracción VIII de la Constitución Política del Estado de Jalisco y

#### **CONSIDERANDO**

1. Que el Área Metropolitana de Guadalajara por su extensión, densidad demográfica, así como por las características de origen y destino de viajes, cuenta con condiciones de movilidad insuficientes para la población;
2. Que es necesario el establecimiento de políticas públicas sustentables en materia de transporte masivo de personas que resuelva las necesidades y los problemas de movilidad en el Área Metropolitana de Guadalajara;
3. Que las soluciones y los proyectos en materia de transporte masivo de personas en el Área Metropolitana de Guadalajara precisan ser diseñadas y ejecutadas con una visión metropolitana, sustentables ecológica, técnica y financieramente;

En mérito de lo anterior, los municipios suscriben el siguiente:

#### **Acuerdo de Colaboración y Coordinación Intermunicipal para la Construcción de la Línea Tres del Sistema de Transporte Colectivo – Tren Ligero, para el logro de los siguientes**

#### **OBJETIVOS**

1. Conjuntar esfuerzos que permitan la consolidación y ejecución de un proyecto integral de tren ligero que mejore la movilidad urbana en la región con un enfoque sustentable y de largo plazo.
2. Generar acciones y políticas públicas que promuevan el uso del transporte público.
3. Impulsar los estudios de evaluación y diagnóstico para la movilidad, la consolidación de planes y proyectos ejecutivos que permitan la ampliación del Sistema de Tren Eléctrico en el Área Metropolitana de Guadalajara, con la construcción de la Línea Tres del Tren Ligero correspondiente al trazo de las estaciones Santa Fe - Isla Raza - Periférico Norte, que comprende el paso por en los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga.
4. Contribuir, fortalecer y coadyuvar con apego a las facultades y atribuciones conferidas a los Presidentes Municipales las gestiones necesarias para la liberación del derecho de vía en la ejecución del proyecto de la Línea Tres del Tren Eléctrico;
5. Gestionar ante el Gobierno del Estado de Jalisco y ante el Gobierno Federal los apoyos necesarios para la realización de la obra, así como ante las instancias que corresponda para la obtención de los recursos financieros que se requieran para la realización de la obra señalada.
6. Conformar un grupo de trabajo con personal de los municipios participantes en el presente acuerdo, que dé seguimiento a las acciones, y vigile y evalúe el avance del cumplimiento de la presente declaración conjunta.

Quienes suscribimos y ratificamos la presente declaración conjunta manifestamos nuestro compromiso por generar mejores condiciones de movilidad bajo los principios de colaboración, coordinación y sustentabilidad, dando prioridad a los intereses y necesidades de los ciudadanos y vecinos del Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco.

17 de marzo de 2010, en la Ciudad de Guadalajara, Jalisco.

**C. LIC. JORGE ARISTÓTELES SANDOVAL DIAZ**  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE GUADALAJARA

**C. L.C.P. MIGUEL CASTRO REYNOSO**  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE TLAQUEPAQUE

**C. ING. ENRIQUE ALFARO RAMÍREZ**  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA

## vi. Conclusiones y Recomendaciones

313. El resultado de una inacción en materia de modernización y ampliación de la infraestructura de la Línea TLG-1 puede traer una serie de consecuencias negativas para la estrategia de movilidad de la ZMG. Como la subutilización de una infraestructura de alta eficiencia y como consecuencia a este proceso, la demanda se vería obligada a migrar a un sistema menos eficiente, más lento y más contaminante como lo son los buses convencionales.
314. Mediante la inversión prevista en el proyecto, la Línea TLG-1 puede transformarse en la columna vertebral del sistema masivo de movilidad de la zona urbana, al transformarse de una troncal con alimentación natural en un todo un sistema “tronco-alimentador” sobre el cual se coordine el resto del transporte público.
315. El resultado de una inacción en lo relativo a la implantación del proyecto traería como consecuencia una saturación de la troncal de tren ligero urbano, por lo que la demanda agregada al sistema tendría que encontrar una alternativa de movilidad en el sistema de buses convencionales. Desafortunadamente, el modelo de hombre camión prevaeciente en la ZMG registra signos de ineficacia operativa dentro de los cuales destaca reducidos incentivos en lo relativo a la eficiencia y seguridad del pasajero, ya que cualquier signo de ineficiencia generalmente se traduce en un aumento de tarifa, sin que esto conlleve a mejorar la calidad y la seguridad del servicio.
316. Bajo un escenario sin proyecto, la paulatina migración de la demanda agregada del tren ligero hacia los buses convencionales traería como consecuencia un costo significativo para la sociedad en su conjunto. Por una parte, los usuarios requerirían mayor tiempo para alcanzar su destino, esto debido a la diferencia de velocidades entre el tren *-40 Km/h-* en comparación con la velocidad. Adicionalmente, la saturación de la infraestructura vial urbana ha venido reducido la velocidad cruceo promedio del transporte colectivo convencional, lo cual implica que la diferencia entre la velocidad del tren y el bus convencional se incrementara paulatinamente en el horizonte de evaluación. La reducción de velocidad de buses convencionales a su vez, reduce el nivel de ingreso de las unidades convencionales lo cual impacta en aumento de tarifa, aumenta los gastos operativos y genera un mayor nivel de emisiones contaminantes, incrementa los consumos de combustibles fósiles, además de reducir la velocidad promedio del resto de los usuarios privados de transporte motorizado.
317. Actualmente, el incremento de nuevos permisionarios a una tasa mayor que el crecimiento de la población y la migración de usuarios de transporte público al transporte motorizado privado ha provocado una suma cero, en la cual las unidades de transporte convencional han reducido su nivel de aforo diario, lo que implica una drástica disminución en el Índice de Pasajero Transportado por Kilómetro por Sentido IPK y, por ende, una disminución de la relación ingreso/gasto por unidad, así como un aumento de emisiones contaminantes por pasajero transportado. El sistema de incentivos a los operadores de la unidades convencionales registra una perversidad, ya que al pagar por pasajero transportado en un contexto de disminución paulatina de aforos y velocidades cruceo promedio provoca un incentivo a la imprudencia vial *-Guerra del centavo-*. Finalmente, la inercia histórica de implementación de rutas ha creado una superposición de vías de transporte urbano con reducida vinculación entre sí y con diseños radiales que no necesariamente responden a las

necesidades de origen y destino de la urbe.

318. La ventaja con que cuenta la ZMG es que gran parte de la inversión necesaria para operar un sistema de transporte masivo como la Línea TLG-1 ya está realizada, la cual incluye más de 6.6 kilómetros de vía doble subterránea, así como una integración de la zona norte de la ciudad con el polo de mayor crecimiento poblacional ubicado en la zona sur, esto a través de 15.5 kilómetros de troncal ferroviaria y 19 estaciones. Por lo tanto, la implementación del proyecto resulta marginal en términos de inversión, ya que puede considerarse como repotenciación, la cual permita revertir la saturación de la troncal de movilidad de manera que el modelo vigente pueda operar con mayor eficiencia. La medida a su vez permitirá coadyuvar para incrementar el nivel de eficiencia de los buses convencionales a través de un modelo de alimentación, así como también un mecanismo que permita frenar las altas tasas de crecimiento de vehículos motorizados privados.
319. Con base en el análisis realizado se concluye que los beneficios identificados como reducción de costos operativos en materia de consumo eléctrico del tren ligero, así como los beneficio de reducción de tiempo son superiores al total de los costos del proyectos, definidos como requerimientos de infraestructura para la troncal ferroviaria, la inversión en material rodante de la troncal y costo de mantenimiento, por un horizonte proyectado de 30 años.
320. Los resultados de la evaluación socioeconómica indican una buena rentabilidad social del proyecto y, además, un impacto económico a corto plazo importante. Los beneficios sociales se traducen por el transporte público en ahorros de tiempos perdidos en el congestionamiento vial, reducción de los costos generalizados de viaje y en ahorros de operación que permiten una disminución del tiempo de viaje de los usuarios del transporte público. Además su impacto en términos de reducción de emisiones de gas a efecto invernadero. La evaluación económica de la “Línea TLG-1” genera resultados positivos, como una Tasa Interna de Retorno Social equivalente al 15.64%, la cual resulta superior a la tasa de descuento empleada del 12%. El proyecto genera flujos positivos de Valor Presente Neto Social por Mx 383.7 millones y registra una proporción positiva en la estimación costo versus beneficio con flujos con tasa de descuento del 1.33%. La Tasa Inmediata de Retorno Social resulta favorable con 14.26%.

Tabla 59 Resumen de la evaluación social

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Valor Presente de Costo</b>                        | <b>- 1,523,627,845</b> |
| <b>Costos Inversión Infraestructura</b>               | - 849,942,857          |
| <b>Costo Materiales y Suministros Capitulo 2000</b>   | - 75,504,933           |
| <b>Costo Bienes Muebles e Inmuebles Capitulo 5000</b> | - 38,328,181           |
| <b>Costos Equipo Rodante Troncal</b>                  | - 427,497,189          |
| <b>Costos Mantenimiento</b>                           | - 132,354,684          |
| <b>Valores Presente de los Beneficios</b>             | <b>1,907,376,579</b>   |
| <b>Ahorros Tiempos</b>                                | 1,831,547,082          |
| <b>Ahorro Operación</b>                               | 75,829,498             |
| <b>Valor Presente Neto Social</b>                     | <b>383,748,735</b>     |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social</b>                 | <b>15.64%</b>          |
| <b>Relación Beneficio/Costo</b>                       | <b>1.33</b>            |
| <b>Tasa Interna de Retorno Social Inmediato</b>       | <b>14.26%</b>          |

Fuente: elaborado por rehovot

321. El proyecto fue sometido a un análisis de sensibilidad el cual estresó el comportamiento de las variables hasta en un 60% de aumento en el caso de los costos y una disminución en la misma proporción en el caso de los beneficios. Prácticamente, la totalidad de las variables resistieron dicho escenario de estrés, sin embargo, un incremento del costo de inversión por un 40% podría ocasionar que el proyecto no alcance la rentabilidad mínima deseable del 12%, este mismo caso sucedería con una disminución del 20% del beneficio del tiempo, ya que bajo este escenario la rentabilidad del proyecto no alcanzaría el 12%.
322. Los flujos del proyecto fueron analizados bajo un escenario de retraso de un año en el inicio de operación, lo cual puede generarse por retraso en obras o bien adversidades financieras, sin embargo, a pesar de esta situación la rentabilidad del proyecto se mantiene positiva con una TIRS del 13.83% y un VPNS de Mx 212.5 millones.
323. La implementación del proyecto traería como consecuencias una serie de beneficios no monetizados mismos que se identifican a continuación:
- Mejorar las condiciones de circulación del tránsito local y en mayor medida del tránsito de largo itinerario, y estimulará el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación de mejores características, que eleve la seguridad y permita hacer más eficiente el transporte público urbano.
  - Mejorar la calidad y la competencia del transporte masivo contra el auto en términos de confort y de tiempos de recorrido.
  - Reducir del consumo de combustible y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
  - Incrementar la seguridad operativa para los usuarios al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.

- Liberación de vialidades.
- Reducción de accidente viales registrados por el transporte de buses convencionales.

324. La evidencia en los proyectos de movilidad masiva de la Zona Conurbada de Guadalajara – tanto Línea 1, Línea 2 de Tren Ligero y FASE I de Macrobus- indica que la creación de este tipo de infraestructura de movilidad no puede estar desasociada con un programa integral de desarrollo urbano y redensificación. En el caso de la ZCG, los tres corredores de movilidad registran un rezago en su desarrollo y densificación, por lo cual se sugiere que la implantación de la modernización y ampliación de la “Línea TLG-1” capitalice los errores de desarrollo urbano carentes en proyectos anteriores y vaya acompañado de un modelo de re-densificación urbana.

325. Los beneficios del proyecto son mayores que los costos sociales, por lo cual la sociedad en su conjunto tendría un beneficio mayor mediante la implementación del proyecto. Adicionalmente, las problemáticas descritas en la situación actual (Incentivos negativos de la Guerra del centavo, modelo endémico hombre-camión, reducidos niveles del IPK, entre otros) pueden encontrar una solución mediante la implementación del modelo de movilidad que aproveche de mejor manera los recursos existentes de la plataforma de la Línea TLG-1, mismos que se considera el proyecto, este escenario no resulta alcanzable mediante la implementación única de las propuestas optimizadas. Finalmente, los beneficios de proyecto en materia de ordenamiento integral del transporte público son compatibles con los lineamientos del PROTRAM, así como también con los objetivos en materia de transporte tanto del Plan Nacional de Desarrollo, como también del mismo Plan Estatal de Desarrollo. Adicionalmente, los posibles beneficios ambientales coadyuvaran a que nuestro país alcance los compromisos que ha realizado de manera voluntaria entorno a la reducción de gases efecto invernadero como estrategia para reducir el calentamiento global, los cuales se definen en el Programa Especial de Cambio Climático –PECC-.

## vii. Anexos

*Instituto Mexicano del Transporte  
Publicación bimestral de divulgación externa*

*NOTAS núm. 129, MARZO-ABRIL 2011, artículo 1*

### ***Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2011***

*TORRES Guillermo y HERNÁNDEZ Salvador*

#### Introducción

En 2004, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) inició la publicación de una estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México (Torres y Díaz, 2004), con base en una metodología de cálculo cuyas principales variables explicativas son el salario mínimo general vigente (SMG), el número de horas laboradas por semana por la población ocupada con ingreso (POI) y el monto del ingreso percibido, expresado en Salarios mínimos generales promedio (SMGP).

Los valores publicados han sido tomados como referencia por las áreas operativas de la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT para la evaluación de proyectos carreteros, asimismo, la metodología ha sido utilizada por investigadores y profesionales del Sector que han elaborado otros trabajos relacionados con el valor social del tiempo, como el publicado por El Trimestre Económico en su número 297 (enero-marzo de 2008), el cual tomó como referencia importante dicho artículo publicado en 2004 en el boletín NOTAS del IMT para la estimación del costo de oportunidad social del tiempo de los usuarios del aeropuerto de la Ciudad de México<sup>3</sup>.

En la presente nota, se realiza una actualización al año 2011, aplicando la metodología antes mencionada y cuyas expresiones básicas se muestran a continuación.

Valor del tiempo por motivo de trabajo (SHP):

$$\text{SHP} = (\text{FIP} * \text{SMGP} * 7) / \text{HTP} \quad (1)$$

Valor del tiempo por motivo de placer (VTpp):

$$\text{VTpp} = 0.3 * \text{H}^4 \quad (\text{GWILLIAM Kennet, 1995}) \quad (2)$$

<sup>3</sup> ALBERRO José. Costo de oportunidad social del tiempo de usuarios del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, El Trimestre Económico N° 297 Enero-marzo de 2008. Fondo de Cultura Económica, México, 2008

<sup>4</sup> GWILLIAM, Kenneth. The value of time in economic evaluation of transport projects, lessons from recent research in "Infrastructure Notes" No. OT-5, Transport Sector World Bank, January 1995 <http://www.worldbank.org/transport/publicat/td-ot5.htm>

$$VT_{pp} = 0.3 * (2 * FIP * [SMGP / (HTP / 7)]) \quad (2a)$$

Donde:

$$H = \text{ingreso horario familiar}^5 = 2 * FIP * SMH$$

$$SMH = \text{salario m\u00ednimo por hora (en pesos)} = SMGP / PHTD$$

$$PHTD = \text{promedio de horas trabajadas diarias} = HTP / 7$$

$$HTP = \text{promedio de las horas trabajadas por semana} = 43.466$$

$$FIP = \text{factor de ajuste del ingreso promedio de la poblaci\u00f3n} = 2.936$$

$$SMGP = \text{salario m\u00ednimo general promedio (en pesos diarios)}$$

Estimaci\u00f3n del valor nacional

En el a\u00f1o 2011, con la actualizaci\u00f3n de los salarios m\u00ednimos vigentes desde el 1 de enero, la CONASAMI recalcul\u00f3 el SMGP vigente durante dicho a\u00f1o, arrojando un valor de \$58.06, equivalente a un incremento de 4.1% con respecto a 2010.

Dado que el HTP y el FIP son calculados con base en la informaci\u00f3n del XII Censo General de Poblaci\u00f3n y Vivienda 2000, \u00e9stos ser\u00e1n recalculados tan pronto como sean publicados los resultados definitivos del Censo de Poblaci\u00f3n y Vivienda de 2010, por el momento, para realizar una actualizaci\u00f3n del valor del tiempo basta con sustituir los salarios m\u00ednimos generales promedio vigentes en las ecuaciones 1 y 2, como se muestra a continuaci\u00f3n.

$$SHP_{(2011)} = (2.936 * \underline{58.06} * 7) / 43.466 = 27.46$$

$$VT_{pp(2011)} = (0.3) * (2 * 2.936 * [\underline{58.06} / (43.466 / 7)]) = 16.47$$

De esta manera se obtuvieron las siguientes estimaciones del valor del tiempo: **\$27.46** para viajes por motivo de trabajo y **\$16.47** para los viajes por placer.

Adem\u00e1s del \u00e1mbito nacional, la metodolog\u00eda puede ser aplicada a una descripci\u00f3n regional, sectorial e incluso para extractos de la poblaci\u00f3n con cierto nivel de ingresos, siempre que el nivel de desagregaci\u00f3n de la informaci\u00f3n permita calcular los factores FIP y HTP correspondientes a cada nivel descriptivo.

<sup>5</sup> F. Cort\u00e9s (2003) considera que el valor de H para el caso mexicano equivale aproximadamente a la aportaci\u00f3n que hacen dos miembros de la familia al ingreso familiar.

## viii. Bibliografía

1. Torres Guillermo, Hernández Salvador. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2011. Instituto Mexicano del Transporte. Notas Número 129, Marzo-Abril 2011, Artículo 1.
2. Lineamientos para la determinación de la información que deberá contener el mecanismo de planeación de programas y proyectos de inversión. Secretaria de Hacienda y Crédito Público. Abril 2012
3. Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR). Sitio web: <http://www.siteur.gob.mx/index.php>
4. Ciclo del Proyecto del Transporte Masivo del Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM. BANOBRAS. México 2011