Estado Libre y Soberano de Hidalgo

SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

REHOVOT©
Financial solutions for environmental challenges

ITS Technology de México SA de CV

HIDALGO
TIERRA DE TRABAJO

2012

Análisis Costo Beneficio BRT Tuzo-Bus Corredor 1 Centro-Téllez

Corporación Rehovot, S.A. de C.V.

26/09/2012

Este documento de Análisis Costo Beneficio del Sistema Transporte Masivo Tronco Alimentador Tuzo-Bus “Corredor 1 Centro–Téllez” fue elaborado por Corporación Rehovot, S. A. de C. V. con base en la información recabada y elaborado por las empresas Logit Brasil e ITS Technology; dentro de los alcances realizados por ambas empresas se incluyen los estudios de oferta y demanda, geométricos, pre-ingenierías, diseños arquitectónicos, diseño de rutas alimentadoras, diseño operacional del sistema, así como levantamiento de campo de rutas existentes sobre la troncal.

Contenido

i. Resumen Ejecutivo 9

ii. Situación actual del Programa o Proyecto de Inversión....17

a) Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto....17

b) Análisis de la Oferta....21

c) Análisis de la Demanda actual....26

d) Interacción de la oferta-demanda. 42

iii. Situación sin Proyecto de Inversión....46

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....46

b) Análisis de la Oferta en caso de que el programa o proyecto de inversión no se lleve a cabo. 47

c) Análisis de la Demanda en caso de que el programa o proyecto de inversión no se lleve a cabo 47

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....70

a) Descripción general 70

b) Alineación estratégica 90

c) Localización geográfica....97

d) Calendario de actividades....100

e) Monto total de inversión....108

Costos y plan de inversión 108

f) Financiamiento 108

g) Capacidad Instalada....110

h) Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación....112

i) Vida útil....113

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....114

k) Análisis de la Oferta a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión. 131

l) Análisis de la Demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión. 144

m) Interacción de la oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación 148

n) Interacción del proyecto con la Infraestructura existente....152

v. Evaluación del Programa o Proyecto de Inversión....154

a) Identificación, cuantificación y valoración de los costos del programa o proyecto de inversión.....155
b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión167
c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad.....176
d) Análisis de sensibilidad.....182
e) Análisis de riesgos.....186
vi. Conclusiones y Recomendaciones.....191
vii. Anexo I.....194
viii. Anexo II.....196
ix. Bibliografía.....207

Listado de Tablas

Tabla 1 Ahorro en costo de operación transporte público para el transporte público ZMP 12
Tabla 2 Ahorro de tiempo de viaje en transporte público para la línea de transporte público de la ZMP 12
Tabla 3 Financiamiento 14
Tabla 4 Fuentes de Financiamiento 14
Tabla 5 Indicadores de rentabilidad para el BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez de la ZMP 16
Tabla 6 Tasa de Motorización Privada en la Zona Metropolitana de Pachuca 1980-2010 18
Tabla 7 Oferta flota vehicular - 35 rutas 22
Tabla 8 Frecuencia del Corredor 1 Centro-Téllez 42
Tabla 9 Velocidad Interacción Oferta-Demanda - Situación Sin Proyecto 44
Tabla 10 Acciones en la situación actual y optimizada 46
Tabla 11 Tiempo integrado de viaje “optimizado” 48
Tabla 12 Estimación de Tiempo "Optimizado" 49
Tabla 13 Premisas Costo Operativo Optimizado 50
Tabla 14 Estimación Costo Operativo Optimizado 52
Tabla 15 Velocidad de operación - Situación Actual y Optimizada 53
Tabla 16 Parámetros Costo Operativo para obtención del CAE 55
Tabla 17 Costo Anual Equivalente Alternativa A con Carril Confinado 57
Tabla 18 Costo Anual Equivalente Alternativa B Sin Carril Confinado 58
Tabla 19 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa Buses Troncales 18 m 61
Tabla 20 Costo Anual Equivalente Alternativa Buses Troncales 18 m 62
Tabla 21 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa Buses Troncales 12 m 63
Tabla 22 Costo Anual Equivalente Alternativa Buses Troncales 12 m 64
Tabla 23 Análisis comparativo de alternativas para solución de problemática actual 65
Tabla 24 Parámetros del Costo Anual Equivalente – Pavimentación con concreto 67
Tabla 25 Costo Anual Equivalente – Pavimentación con concreto 67
Tabla 26 Parámetros Costo Anual Equivalente – Pavimentación con asfalto 68
Tabla 27 Costo Anual Equivalente – Pavimentación con asfalto 68
Tabla 28 Tipos de estaciones en el corredor 81
Tabla 29 Montos de Inversión 109
Tabla 30 Fuentes de Financiamiento 109
Tabla 31 Resumen del diseño operacional para las rutas de alimentación. 111
Tabla 32 Resumen del diseño operacional para el Escenario 1: Buses estándares de 12 metros en rutas troncales. 111
Tabla 33 Resumen del diseño operacional para el Escenario 2: Buses articulados de 18 metros en rutas troncales. 111
Tabla 34 Resumen de los datos principales del diseño operacional 112
Tabla 35 Metas anuales de demanda para el corredor 113
Tabla 36 Categorías de proyecto de acuerdo a MASTU 121
Tabla 37 Medidas de mitigación de impactos a la población 122
Tabla 38 Medidas de mitigación de impactos a la salud humana 122
Tabla 39 Medidas de mitigación de impactos a la flora y fauna 122
Tabla 40 Medidas de mitigación al suelo 122
Tabla 41 Medidas de mitigación al ruido y vibraciones 123
Tabla 42 Servicios troncales por estación. 134
Tabla 43 Demanda y factor de crecimiento – Pasajero por día 145

Tabla 44 Población total en la ZMP 146
Tabla 45 Evolución demográfica ZMP 146
Tabla 46 Premisas sobre la capacidad de los vehículos. 149
Tabla 47 Velocidades comerciales consideradas en el diseño operacional. 150
Tabla 48 Oferta-Demanda con relación a las velocidades 151
Tabla 49 Total de rutas de transporte analizadas en la etapa de reestructuración. 153
Tabla 50 Costo de inversión en Infraestructura (sin IVA) 155
Tabla 51 Costo de inversión por buses 156
Tabla 52 Costos de mantenimiento anual para BRT Tuzobus Corredor 1 157
Tabla 53 Costos de mantenimiento para el BRT Tuzobus Corredor 1 158
Tabla 54 Parámetros para obtener los costos por molestias de construcción 166
Tabla 55 Costos por molestias de construcción 167
Tabla 56 Situación Actual de Consumo 168
Tabla 57 Situación optimizada de consumo 169
Tabla 58 Rutas Troncal y Alimentadoras 170
Tabla 59 Costo Operativo - Situación Optimizada y Situación Con Proyecto 171
Tabla 60 Viaje Promedio por Kilómetro 172
Tabla 61 Parámetros para estimar el valor del tiempo (VOT) 173
Tabla 62 Parámetros para estimar el valor del tiempo 173
Tabla 63 Configuración del valor del tiempo 174
Tabla 64 Beneficio Tiempo - Situación Optimizada y Con Proyecto 175
Tabla 65 Flujos de efectivo social para el corredor (millones de pesos sin IVA) 179
Tabla 66 Flujos descontados para el corredor 180
Tabla 67 Indicadores de rentabilidad social para el corredor – TIR- 181
Tabla 68 Indicadores de rentabilidad social para el corredor – TIRI- 182
Tabla 69 Análisis de sensibilidad respecto al monto de inversión 183
Tabla 70 Análisis de sensibilidad respecto al monto de Equipo Rodante Troncal 183
Tabla 71 Análisis de sensibilidad respecto al monto de Alimentadoras 184
Tabla 72 Análisis de sensibilidad respecto al monto de mantenimiento troncal 184
Tabla 73 Análisis de sensibilidad respecto al monto de mantenimiento alimentadora 185
Tabla 74 Análisis de sensibilidad respecto al monto Molestias por Construcción 185
Tabla 75 Análisis de sensibilidad para beneficios por costos de operación 186
Tabla 76 Análisis de sensibilidad para los beneficios por tiempo de viaje 186
Tabla 77 Flujos descontados al tercer año 187
Tabla 78 Resumen de la evaluación social con un año de retraso 188
Tabla 79 Precipitación Pluvial Máxima (mm) 189
Tabla 80 Resumen de la evaluación social 192

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1 Plano Actual 25
Ilustración 2 Delimitación de los municipios que integran la ZMP para el PREMU 27
Ilustración 3 División en zonas de análisis de tránsito (ZAT) 27
Ilustración 4 Datos demográficos por zonas de análisis de tránsito (ZAT) 28
Ilustración 5 Número de viajes 29
Ilustración 6 Modelo de demanda. Líneas de ascenso 29
Ilustración 7 Líneas de Deseo 30
Ilustración 8 Ilustración del proceso de estimación de la demanda 36
Ilustración 9 Datos de la FOV antes y después del procesamiento 37
Ilustración 10 Perfil espacial de la demanda durante la hora pico de la mañana en el sentido centro 38
Ilustración 11 Ejemplo del perfil de carga en cinco líneas. 39
Ilustración 12 Perfil de AD ruta “A”. 39
Ilustración 13 Perfil horario de la carga total del sistema, sentido Centro. 40
Ilustración 14 Perfil horario de la carga total del sistema. 41
Ilustración 15 Situación actual 59
Ilustración 16 Mapa de todas las estaciones del Sistema de BRT. 75
Ilustración 17 Modelo de Estaciones 80
Ilustración 18 Retorno Centro de Pachuca (curva azul). 85
Ilustración 19 Retorno Villas de Pachuca (curva azul). 85
Ilustración 20 Retorno Santa Matilde (curva azul). 86
Ilustración 21 Estación Central Camionera 87
Ilustración 22 Ubicación del estacionamiento/lugar de descanso en el Centro de Pachuca 88
Ilustración 23 Mapa de distribución de la población del estado de Hidalgo 2010 98
Ilustración 24 Mapa Zona Metropolitana de Pachuca 99
Ilustración 25 Calendario de actividades 100
Ilustración 26 Espectro de competitividad para la contratación de la empresa operadora 129
Ilustración 27 Mapa de todas las estaciones del Sistema de BRT. 132
Ilustración 28 Mapa de las estaciones exprés del Sistema de BRT 133
Ilustración 29 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T01. 135
Ilustración 30 Mapa de la Ruta exprés T01. 135
Ilustración 31 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T02. 136
Ilustración 32 Mapa de la Ruta exprés T02. 136
Ilustración 33 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T03. 137
Ilustración 34 Mapa de la Ruta exprés T03. 137
Ilustración 35 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T04. 138
Ilustración 36 Mapa de la Ruta exprés T04. 138
Ilustración 37 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Paradora T05. 139
Ilustración 38 Mapa de la Ruta Paradora T05. 139
Ilustración 39 Cuencas de alimentación cerca del Corredor de BRT. 141
Ilustración 40 Mapa del Corredor de BRT y las rutas de alimentación del Sistema 141
Ilustración 41 Cuenca de alimentación Santa Matilde/Paseo de los Olivos 142
Ilustración 42 Cuenca de alimentación Villas de Pachuca/San Antonio. 142
Ilustración 43 Cuenca de alimentación Plaza de los Toros. 143
Ilustración 44 Cuenca de alimentación Arbolados/San Cayetano. 143
Ilustración 45 Cuenca de alimentación Santa Julia/Parque de Poblamiento/Real del Valle. 144

Ilustración 46 Proyección del crecimiento poblacional de la ZMP 147
Ilustración 47 Elementos del tiempo de ciclo: Tiempo de ciclo = t1 + t2 + t3 + t4 150
Ilustración 48 Trazado Ruta Alimentadora 01 196
Ilustración 49 Trazado Ruta Alimentadora 02 197
Ilustración 50 Trazado Ruta Alimentadora 02 - satélite. 197
Ilustración 51 Trazado Ruta Alimentadora 03. 198
Ilustración 52 Trazado Ruta Alimentadora 04. 198
Ilustración 53 Trazado Ruta Alimentadora 05 199
Ilustración 54 Trazado Ruta Alimentadora 06. 199
Ilustración 55 Trazado Ruta Alimentadora 07. 200
Ilustración 56 Trazado Ruta Alimentadora 08. 200
Ilustración 57 Trazado Ruta Alimentadora 09. 201
Ilustración 58 Trazado Ruta Alimentadora 10. 201
Ilustración 59 Trazado Ruta Alimentadora 11. 202
Ilustración 60 Trazado Ruta Alimentadora 12. 202
Ilustración 61 Trazado Ruta Alimentadora 13. 203
Ilustración 62 Trazado Ruta Alimentadora 14. 203
Ilustración 63 Trazado Ruta Alimentadora 15. 204
Ilustración 64 Trazado Ruta Alimentadora 16. 204
Ilustración 65 Trazado Ruta Alimentadora 17. 205
Ilustración 66 Trazado Ruta Alimentadora 18 205
Ilustración 67 Trazado Ruta Alimentadora 19. 206

Listado de acrónimos y abreviaturas

AIE	Agencia Internacional de Energía
B/C	Beneficio entre Costo
BRT	Bus Rapid Transit
CAE	Costo Anual Equivalente
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
Ha	Hectáreas
HC	Hidrocarburos
HMD	Hora Máxima Demanda
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
M	Metros
m/s^2	Metro por Segundo al Cuadrado
m^3/h	Metro Cúbico por Hora
MDP	Millones de pesos
Min	Minutos
Mm	Milímetros
Mx	Pesos mexicanos
NO	Óxido de Nitrógeno
OPD	Organismo Público Descentralizado
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PVD	Índice de Pasajeros por Vehículo por Día
R^2	Coeficiente de Correlación
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Control de Supervisión y Adquisición de Datos)
SEMADES	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
TIR	Tasa Interna de Retorno
TIRI	Tasa Interna de Retorno Inmediato
TV	Tiempo de viaje
UI-SHCP	Unidad de Inversiones – Secretaría de Hacienda y Crédito Público
USD	United States Dollar (Dólar de Estados Unidos)
VAC	Voltaje con Corriente Alterna
Vic	Voltaje de Corriente Continua
VNP	Valor Neto Presente
ZMP	Zona Metropolitana de Pachuca

i. Resumen Ejecutivo

El gobierno del estado de Hidalgo está analizando la alternativa de transformar la red de movilidad urbana a través de la implementación de un servicio de transporte masivo basado en una serie de corredores Tronco-Alimentadores bajo modalidad de *Bus Rapid Transit –BRT-*. Con base en los estudios de demanda se contempla la posibilidad de implementar al menos cuatro corredores de movilidad, los cuales estarían soportados por una red de rutas alimentadoras. Sin embargo, por motivos metodológicos, el análisis socioeconómico del proyecto global de movilidad masiva de la Zona Metropolitana de Pachuca –ZMP- se analizará de manera independiente, es decir, una evaluación socioeconómica independiente *-Análisis Costo Beneficio–* para cada uno de los corredores que integrarán la red de transporte público de la ZMP. Por consiguiente, el presente estudio se limitará exclusivamente a la evaluación social del "Corredor 1: Centro – Téllez". La evaluación socioeconómica se desarrollará con base en los Lineamientos publicados en el Diario Oficial por la propia Unidad de Inversiones, con fecha 27 de abril de 2012.

El objetivo del proyecto Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez es reducir los Costos Generalizados de Viaje –*CGV-* del caudal de movilidad, tanto del componente de la troncal como de las respectivas rutas alimentadoras. La implementación de medidas tendientes a la reducción de los CGV coadyuvarán para que, al mismo tiempo, la ZMP consolide una serie de beneficios adicionales, como la reducción de emisiones de gases efecto invernadero *–causantes del cambio climático global-*, el incremento del bienestar de los usuarios, la reducción de los índices de accidentalidad, el incremento del ingreso neto de la población menos favorecida, entre otros.

La Zona Metropolitana de Pachuca, ZMP, que incluye la capital del estado de Hidalgo, es un punto donde se articulan los principales ejes carreteros de la región oriente del país; en este punto convergen las carreteras que conectan con los puntos importantes del centro, como son México, D. F. y Puebla, conectándose hacia el noroeste por Veracruz, hacia el Golfo de México. En adición a la dinámica poblacional propia, esta zona urbana mantiene una estrecha vinculación con la Mega metrópoli del Valle de México, al grado que puede llegar a considerase como una con interacción con la urbe -punto dormitorio-.

La Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP), con una población que aumentó de 438 a 512 mil habitantes de 2005 a 2010 y una proyección esperada de 680 mil habitantes para el 2030 (crece al 1.7% anual), constituye la zona conurbada más importante del estado de Hidalgo. El área metropolitana de Pachuca registra más del 18% de la población del estado de Hidalgo y ésta se integra por los municipios de Pachuca, Epazoyucan, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Zapotlán de Juárez y Zempoala. La mancha urbana se ha expandido en forma más acelerada al pasar de 1,202 km^2 a 1,358.8 km^2 de 2005 a 2010, con un patrón de crecimiento urbano horizontal con baja densidad poblacional hacia los municipios vecinos, lo cual contribuye a aumentar los recorridos del transporte público y al mismo tiempo a reducir los niveles de servicio con mayor congestión vehicular en las arterias viales que conectan la Zona Centro –Principal atractor de movilidad- con las áreas de la periferia.

El patrón expansivo 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.

En los últimos años, la zona metropolitana se ha consolidado como un importante centro comercial y de servicios de la región, lo cual ha demandado un crecimiento de oferta de trabajo con la consecuente presión sobre los servicios de transporte.

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 ineficiente para el usuario, ya que éstos 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.

1.1. Problemática identificada.

La problemática general del transporte público en la zona metropolitana de Pachuca se debe a que el modelo operacional de transporte público ha venido evolucionando en las últimas décadas de manera inercial y con un reducido nivel de planeación; por lo tanto, las condiciones de la oferta han venido incrementando sus Costos Generalizados de Viaje. En el caso de Pachuca se han venido reproduciendo problemáticas identificadas en otras zonas urbanas del país, esto en perjuicio de los usuarios como, por ejemplo, efectos de la "Guerra del Centavo", lo cual propicia ineficiencias e imprudencias operativas, un modelo de hombre-camión que incentiva la fragmentación de la oferta a través de unidades de baja capacidad, velocidades, condiciones vehiculares.

La problemática antes expuesta sobre las condiciones de la oferta de transporte público, así como los incrementos constantes de los Costos Generalizados de Viaje, ha ejercido una fuerte presión al incremento de las tasas motorizadas privadas, la cual, de acuerdo a datos del INEGI, indica que la ZMP registra uno de los usos de los más altos índices de automóvil per cápita en el contexto de ciudades en México.

La situación actual –*sin proyecto*- identifica una serie de problemáticas fundamentales en la operación del transporte público de la troncal *"Centro-Téllez",* dentro de las cuales destaca: (i) Atomización de la oferta. (ii) Sobreoferta de vehículos de transporte público. (iii) Modelo de negocio ineficiente basado en un esquema de Hombre-Camión. (iv) Congestionamiento de las vialidades. (v) Reducción de velocidad crucero –*tanto para transporte motorizado privado como público*-. (vi) Desvinculación del diseño de rutas con los requerimientos de movilidad de la demanda. (vii) Oferta de transporte público con altos Costos Generalizados de Viaje. (viii) Incapacidad de la oferta para adaptarse a los requerimientos de la demanda en horas valles y picos. (ix) Diseño operacional con superposición de rutas en la zona centro de Pachuca. (x) La oferta registra características inseguras, incomodas y lentas. (xi) El modelo ineficiente de transporte público provoca un desplazamiento de la demanda hacia la adquisición de vehículos motorizados privados, lo cual incrementa el congestionamiento vial y la reducción de velocidades crucero. (xii) La ineficiencia operativa de la oferta provoca un mayor grado de Gases Efecto invernadero –GEI- causantes del cambio climático, así como otras expresiones de contaminación, como partículas suspendidas y vertido de aceites y lubricantes sobre las vialidades.

La implementación de la "Situación Optimizada" permite únicamente alcanzar una reducción parcial de los costos operativos y un aumento marginal de la velocidad promedio del transporte público, pero estas acciones de optimización no son suficientes para resolver los diversos problemas identificados en la "*situación actual*" en materia de movilidad y altos costos generalizados de viaje identificados en la troncal *"Centro-Téllez"*. La insuficiencia de las "situaciones optimizadas" como estrategia para resolver la

problemática vigente en la "situación actual" deriva en la realización de un análisis "*alternativas de solución"*.

Las alternativas de solución incluidas en esta sección se enfocan a incrementar la eficiencia operativa, reducir las emisiones de GEI, reducir los costos generalizados de viaje, incrementar la seguridad y comodidad mediante una sustitución de cambio modal de transporte. Bajo esta premisa, la intención es la de sustituir las 393 unidades que constituyen la oferta de la troncal por un modo de transporte masivo bajo la modalidad "*Tronco-Alimentador*". Para el análisis de alternativas fue descartada la adopción de un modelo tronco alimentador que no incluyese carriles confinados, ya que esto traería como consecuencia una reducción en la velocidad operativa, lo cual repercutiría en menores beneficios de tiempo de usuarios, así como un incremento de la flota inicial para respetar los objetivos de nivel de frecuencia de servicios. Así mismo, mediante un análisis de Costo Anual Equivalente, se descartó la utilización de buses articulados de 18 metros para la troncal, principalmente porque esta solución reducía la frecuencia operativa y aumentaba los tiempos de espera del conjunto de usuarios, los resultados de ambas opciones de buses -12 metros y 18 metros- fueron muy similares. Finalmente, el análisis de alternativas descarto la utilización de material de asfalto para la pavimentación de los carriles confinados, ya que de acuerdo a los resultados del Análisis de Costo Anual Equivalente -*a una tasa de descuento del 12%*-, la alternativa de pavimentación con concreto hidráulico genera mayores beneficios para el proyecto en el horizonte de evaluación.

El objetivo del proyecto consiste en la transformación que tendría el modelo de transporte en "Situación Actual", el cual migraría de un modelo desordenado, con superposición de rutas por las mismas vialidades, caótico e ineficiente –*Situación actual e incluso optimizada*-, hacia un modelo que logre eficientar la oferta de movilidad mediante un incremento en la seguridad, velocidad, reducción de costos generalizados de viaje, así como en el incremento de los Índices de Pasajeros por Kilómetro -*IPK*-.

En el largo aliento, de continuar la situación en el estado en que se encuentra se podrá evidenciar una serie de problemáticas de movilidad insostenibles para el desarrollo equilibrado de la Zona Metropolitana de Pachuca. Por una parte, el transporte público incorporaría cada vez una mayor demanda en un sistema con altos costos generalizados de viaje; además, el modelo de BRT generaría los desplazamientos más rápidos en la ZMP, ya que 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 obsoletos de combustión interna que se desplazan actualmente por el corredor de movilidad "Centro-Téllez". La falta de un servicio como el brindado por el BRT 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 ZMP.

Un BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez con la infraestructura adecuada para incorporar un mayor nivel de demanda puede llegar a coadyuvar en solucionar las problemáticas sistémicas que enfrenta la ZMP en materia de movilidad.

1.2. Descripción de las Características del Proyecto

El proyecto consiste en la implantación de un sistema de transporte masivo que permita atender la demanda de la troncal "Centro-Téllez" –*denominado "Corredor 1"*- mediante una solución de un modelo Tronco-Alimentador; este modelo de movilidad está diseñado para interactuar con otros modos de transporte convencional y, en un futuro, para integrarse con nuevas troncales "tronco alimentadoras", como pudiese ser el caudal de movilidad del Blvd. Colosio–*Denominado "Corredor 2"*-.

El "Corredor 1" puede considerarse como una solución integral a la problemática identificada en la "Situación Actual" de la Troncal de movilidad "Centro- Téllez", la cual está conformada por aquellas vialidades que conectan el sur de la ZMP –*Entronque Autopista México-Pachuca*- con la Zona Centro como Blvd. Felipe Ángeles, Av. Juárez. Pero, al mismo tiempo, este corredor puede considerarse como el primero de los componentes que en un futuro pueden llegar a consolidar el sistema integral de movilidad de la ZMP.

Con la implantación de las medidas de modernización y ampliación de la capacidad del corredor del BRT 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 30.03 km/h –*actualmente en 13.48 Km/h e incrementada a 16.23 Km/h como resultado de las medidas de optimización*-.

Para satisfacer la demanda circularán por el Corredor 1 Centro-Téllez un total de 128 unidades, las cuales sustituirán 393 unidades con un grado de obsolescencia y con reducidas capacidades operativas.

De los beneficios que brindará el proyecto a la ciudad, en la evaluación se incluyen los ahorros por costos de operación y ahorro en tiempos de viaje de los usuarios.

De acuerdo a las estimaciones de la evaluación del proyecto, en el año 2014 –*fecha prevista para la iniciación de operaciones del proyecto*- se generarían ahorros en costos operativos por Mx 134.7 millones de pesos y Mx 132.7 millones de pesos en el año 2042 –*Año final del horizonte de evaluación*-. En tanto que en el año 2014 se generarían ahorros por reducción de tiempo de viaje por Mx 92.6 millones de pesos y Mx 141.8 millones de pesos en el año 2042.

Tabla 1 Ahorro en costo de operación transporte público para el transporte público ZMP

	Beneficios Operativos		
	Optimizada	**Con Proyecto**	**Ahorro**
2014	322'417,130	187'658,889	134'758,241
2042	323'044,065	190'286,114	132'757,951

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 2 Ahorro de tiempo de viaje en transporte público para la línea de transporte público de la ZMP

	Beneficios Tiempo		
	Optimizada	**Con Proyecto**	**Ahorro**
2014	804'037,121	711'437,001	92'600,120
2042	1'231'965,561	1'090'081,367	141'884,194

Fuente: elaborado por Rehovot

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 que permita eficientar la infraestructura del Corredor 1 Centro-Téllez.

Las principales metas establecidas en el alcance del "Proyecto" de definen a continuación:

- Reducir los costos generalizados de viaje de la troncal de movilidad "Centro-Téllez".
- Priorizar el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP), 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.
- Adecuar la oferta de transporte público en función del 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 Pachuca.
- Ahorrar en tiempo de transporte a los usuarios.
- Contribuir con la solución al congestionamiento vial, a la contaminación ambiental y al excesivo consumo de combustibles fósiles, además de coadyuvar en la planeación ordenada del desarrollo urbano de la ZMP.

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 ZMP. Para tal efecto, y como parte del sistema de sistemas tronco-alimentadores, se plantea desarrollar el proyecto del denominado "Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez".

1.3. Evaluación

La metodología empleada para el Análisis Costo-Beneficio del transporte público de la ZMP 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.

Los costos considerados en la evaluación del proyecto de la línea 1 de transporte público de la ZMP son:

- Costo total de inversión
- Costos de mantenimiento
- Costos por molestias durante la construcción.

La inversión necesaria para el proyecto asciende a Mx 893.3 millones del 2012 y 2013, sin incluir Impuesto al Valor Agregado (IVA), de los cuales Mx 580.7 millones corresponden a costos relativos a infraestructura. 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.

Tabla 3 Financiamiento

	TOTAL	RECURSOS PÚBLICOS			RECURSOS PRIVADOS		
COMPONENTE		APOYO FONADIN/ PEF 2013	GOB. HIDALGO	TOTAL PÚBLICO	PRIVADOS INFRAESTRUCTURA	CONCESIÓN DE TRANSPORTE	TOTAL PRIVADOS
1. Infraestructura							
1.1 CORREDOR TRONCAL							
1.1.1. PAVIMENTOS	34,260,985	17,130,492	17,130,492	**34,260,985**			
1.1.2 PRELIMINARES	131,178,164	65,589,082	65,589,082	**131,178,164**			
1.1.3 OBRA PLUVIAL	50,129,023	25,064,512	25,064,512	**50,129,023**			
1.1.3 OBRA DE ADECUACIONES EN INST. ELECTRICAS	13,308,205	6,654,102	6,654,102	**13,308,205**			
1.1.4 MITIGACION AMBIENTAL							
1.2 TERMINALES							
1.2.1.- HABILITACION TALLERES"	4,210,800					4,210,800	**4,210,800**
1.2.2.- TERMINAL ESPECIAL							
1.2.3.- TERMINAL "TELLEZ"	14,927,971				14,927,971		**14,927,971**
1.2.4.- TERRENO TERMINAL "TELLEZ"	20,000,000		20,000,000				
OBRAS INDUCIDAS	14,509,031	7,254,516	7,254,516	**14,509,031**			
1.3 PARADEROS/ESTACIONES DE TRANSBORDE	221,849,061	110,924,531	110,924,531	**221,849,061**			
1.4 PUENTES VEHICULARES							
1.5 PUENTES PEATONALES (9 PUENTES)	69,464,200				69,464,200		**69,464,200**
2. Material rodante y sistema de prepago							
2.1 ADQUISICION DE VEHÍCULO							
2.1.1 BUSES DE 12M	102,500,000					102,500,000	**102,500,000**
2.1.2 BUSES DE 8M	46,000,000					46,000,000	**46,000,000**
2.1.3 UNIDADES TIPO VAN	20,500,000					20,500,000	**20,500,000**
2.2 SISTEMA DE BOLETAJE E INFORMACIÓN (PREPAGO)							
3. Monitoreo y sistemas de control							
3.1 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN EN CRUCEROS	27,755,083	13,877,541	13,877,541	**27,755,083**			
3.2 TALLERES Y PATIOS DE PERNOCTA	14,369,585	7,184,792	7,184,792	**14,369,585**			
3.3 RECAUDO Y CUARTO DE CONTROL	55,000,000				55,000,000		**55,000,000**
3.4 TENDIDO DE RED DE VOZ Y DATOS	53,402,136	26,701,068	26,701,068	**53,402,136**			
COSTO DEL TOTAL PROYECTO	**893,364,244**	**280,380,637**	**300,380,637**	**580,761,273**	**139,392,171**	**173,210,800**	**312,602,971**
	100%	**31.4%**	**33.6%**	65.01%	15.6%	19.4%	35.0%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 4 Fuentes de Financiamiento

Otras Fuentes de Financiamiento							
Monto Planeado / Modificado	Año	Fonadin	Recursos Estatales	Privados	Fideicomisos	Otras	Total
	Años anteriores	-	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	-	-
	2009	-	-	-	-	-	-
	2010	-	-	-	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-
	2012	145,043,120	155,389,279	161,711,989	-	-	462,144,388
	2013	180,198,418	193,052,260	200,907,457	-	-	574,158,135
	2014	-	-	-	-	-	-
	2015	-	-	-	-	-	-
	2016	-	-	-	-	-	-
	2017	-	-	-	-	-	-
	TOTAL	**325,241,538**	**348,441,538**	**362,619,446**	**-**	**-**	**1,036,302,523.04**

Fuente: elaborado por Rehovot

Se espera que el proyecto sea financiado en 33.6% con recursos del Estado de Hidalgo, los cuales podrían provenir de una fuente mixta que incluya recursos federales transferidos como el Fondo Metropolitano y el monto restante a través de crédito bancario, un 35.0% a través de fuentes de inversión privada, lo cual

incluye el costo de las 128 unidades de material rodante para la troncal como la alimentación, así como también la infraestructura y tecnología correspondiente al recaudo. El restante 31.4% de la inversión provendría de recursos públicos del gobierno federal a través del Fondo Nacional de Infraestructura –*FONADIN*- o bien del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) del ejercicio fiscal 2013, para lo cual este proyecto requiere de la obtención del Registro de Inversión ante la Unidad de Inversiones de la SHCP.

Costos de inversión con Impuesto al Valor Agregado IVA son:

La inversión en Infraestructura con IVA equivale a:

Monto inversión infraestructura sin IVA	$724,364,244
Impuesto al Valor Agregado (IVA)	$115,898,279
Monto inversión infraestructura con IVA	**$840,262,523**

La inversión en Material Rodante con IVA equivale a:

Monto inversión material rodante sin IVA	$169,000,000
Impuesto al Valor Agregado (IVA)	$ 27,040,000
Monto inversión material rodante con IVA	**$196,040,000**

Monto total del proyecto con IVA: 1,036´302,523.04
(Mil treinta y seis millones trescientos dos mil quinientos veintitrés pesos 04/100

Los beneficios cuantificados para la evaluación son:

- Ahorros en costos de operación.
- Ahorros en tiempos de viaje.

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 el BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez resultan satisfactorios. La Tasa Interna de Retorno Social -TIRS- alcanza el 16.53%, 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 a Mx 345.8 millones.

Tabla 5 Indicadores de rentabilidad para el BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez de la ZMP

Valor Presente de Costo	**- 1,237,013,619**
Infraestructura	- 689,439,539
Equipo Rodante Troncal	- 158,655,261
Equipo Rodante Alimentadora	- 96,952,665
Mantenimiento Troncal	- 92,157,279
Mantenimiento Alimentadoras	- 94,510,301
Costos Molestias por Construcción	- 105,298,573
Valores Presente de los Beneficios	**1,582,905,077**
Ahorro Tiempos	602,048,088
Ahorro Operación	980,856,989
Valor Presente Neto Social	**345,891,458**
Tasa Interna de Retorno Social	**16.53%**
Relación Beneficio/Costo	**1.37**
Tasa Interna de Retorno Social Inmediato	**15.52%**

Fuente: elaborado por Rehovot

1.4. Conclusiones y recomendaciones

Los beneficios del proyecto contribuyen sustancialmente a resolver significativamente la problemática observada en el "Corredor 1 Centro-Téllez". La implementación de las alternativas optimizadas no necesariamente generan una solución integral al problema de la movilidad; no obstante, estas medidas contribuyen a incrementar marginalmente las velocidades operativas y reducir los costos operativos de buses de 12 metros como vagonetas. 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.

La troncal de movilidad denominada Zona Centro a Téllez –*sur de la zona urbana*- constituye el principal caudal de movilidad de transporte público de la Zona Metropolitana de Pachuca, al punto que este caudal puede considerarse como la columna vertebral de la movilidad en la Zona Metropolitana. El crecimiento inercial de la oferta ha generado una fragmentación del servicio de transporte público, lo cual, por una parte, incrementa los costos generalizados de viaje mientras que, al mismo tiempo, el incremento de unidades contribuye a aumentar el nivel de congestionamiento vial en perjuicio de la reducción de las velocidades promedio de los buses y, por ende, el incremento de los tiempos de traslado necesarios para que los usuarios alcancen sus respectivos puntos de atractores de movilidad.

La tendencia inercial del modelo de transporte colectivo en la ZMP ha generado una problemática de ineficiencia, la cual tiene una serie de repercusiones directas en el incremento de los Costos Generalizados de Viaje. Adicionalmente, esta situación ha contribuido a generar una serie de problemáticas adicionales como la reducción de los niveles de 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 operativo 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, la búsqueda de la reducción de los costos operativos y el cumplimiento de estándares de seguridad en los protocolos operativos.

La estructura de transporte público registra un modelo atomizado y con rutas sobrepuestas, lo cual genera un nivel bajo de "*índices de Pasajeros por Kilómetro*" –*IPK*- inferiores a 1.8, así como una incapacidad del modelo para ajustar la oferta a los requerimientos de la demanda en los distintos escenarios del día.

Bajo el escenario actual, los aumentos de tarifa al transporte público no se traducen en mayor calidad y seguridad para el usuario. Por el contrario, los aumentos de tarifa representan la válvula de escape de las ineficiencias operativas de la oferta de transporte, ya que el sistema registra incentivos adversos a la búsqueda de una mayor eficiencia operativa. Bajo este contexto, la ineficiencia operativa de las unidades convencionales de transporte público –*microbuses y vagonetas*- se traslada de manera directa a la tarifa pagada por los usuarios, lo cual crea incentivos tergiversados que provocan que el usuario cada vez pague un mayor costo por los servicios de movilidad, sin que esto conlleve a un mejor y más eficiente servicio. La principal problemática del transporte público en la troncal de movilidad "Centro-Téllez" lo constituyen los altos costos generalizados de viaje –*CGV´s*-, los cuales generan implicaciones en el aumento de Costo Vehicular Operativo –*COV*- como resultados de la ineficiencia y la pulverización del transporte, así como también al tiempo que debe dedicar cada usuario en unir los puntos de atractores de movilidad.

El entorno caótico en el transporte público incentiva a la migración de los usuarios hacia el transporte motorizado privado, lo cual intensifica el uso de la carpeta asfáltica, aumenta los niveles de emisiones de Gases Efecto Invernadero -*GEI*- y reduce las velocidades crucero. El modelo vigente de transporte representa una desavenencia para la competitividad económica de la Zona Metropolitana de Pachuca, ya que reduce el bienestar de la población con menor ingreso y afecta negativamente el ingreso familiar –*ya que un alto porcentaje del ingreso familiar se destina al pago de los servicios de movilidad*-.

La ausencia de una oferta de transporte público vinculada a los patrones de movilidad eficiente y seguridad ha ocasionado que los requerimientos de la movilidad de la creciente población de la ZMP se resuelvan a través de un incremento en la tasa de motorización privada.

La ciudad de Pachuca enfrenta un desbordado crecimiento de tasa de motorización privada, la cual registra un crecimiento anual promedio superior al 10% en los últimos 30 años. En el año 1980, el número de autos particulares registrados en la ZMP ascendía a 15, 244. En 1990, la cifra se estimaba en 23,006 vehículos en circulación. Para el año 2000, la Secretaría de Finanzas registró 55,816 unidades de transporte motorizado privado, lo cual es equivalente a una tasa de 4.3 habitantes por unidad, mientras que en el año 2010, los vehículos motorizados privados alcanzaron la cifra de 115,439 vehículos, en tanto que para ese mismo año se registraron 512 mil habitantes, lo cual resulta en un índice de 4.3 de motorización habitantes/vehículo, por encima del promedio nacional.

Tabla 6 Tasa de Motorización Privada en la Zona Metropolitana de Pachuca 1980-2010

	Total	Automóviles	Camiones para pasajeros	Camiones y camionetas para carga	Motocicletas
1980	24,923	15,244	1,060	8,491	128
1981	26,484	15,498	1,176	9,691	119
1982	27,053	15,877	1,198	9,871	107
1983	27,270	16,231	1,202	9,723	114
1984	28,308	16,564	1,548	10,078	118
1985	29,758	17,326	1,579	10,526	327
1986	30,577	17,759	1,610	10,841	367
1987	31,159	18,149	1,626	11,012	372
1988	32,297	18,820	1,638	11,463	376
1989	35,249	22,782	1,365	10,715	387
1990	35,338	23,006	1,279	10,493	560
1991	38,843	25,306	1,406	11,543	588
1992	33,315	22,772	1,112	8,920	511
1993	44,094	32,474	427	11,041	152
1994	48,484	35,269	430	12,550	235
1995	56,606	41,314	466	14,518	308
1996	62,078	45,224	524	16,145	185
1997	63,695	46,237	617	16,603	238
1998	68,724	50,153	572	17,718	281
1999	72,489	52,939	642	18,569	339
2000	77,469	55,816	672	20,503	478
2001	86,767	62,547	758	22,889	573
2002	94,910	67,546	831	25,766	767
2003	102,630	73,094	819	27,833	884
2004	111,611	79,931	814	29,810	1,056
2005	119,317	85,619	850	31,658	1,190

2006	130,517	94,775	880	33,497	1,365
2007	141,311	102,966	883	36,039	1,423
2008	150,430	109,475	894	38,233	1,828
2009	153,390	111,437	921	39,031	2,001
2010	159,206	115,439	877	40,596	2,294

FUENTE: INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.

Las principales causas de este vertiginoso crecimiento del índice de motorización en la ZMP son las siguientes: (i) Un deficiente sistema de transporte público, el cual no genera condiciones para incentivar un ritmo de crecimiento mayor al registrado por los vehículos motorizados privados. (ii) Una limitada política pública en materia de infraestructura vial, la cual se basa en alcanzar la demanda creciente de vehículos motorizados privados a través de brindar mayor oferta de infraestructura vial –*como pasos a desniveles*- sin que para ello propicie una mayor infraestructura para el transporte masivo. (iii) Una baja densificación de la ZMP. (iv) Un modelo de planeación urbana expansivo hacia la periferia y municipios colindantes, así como la falta de coordinación en el desarrollo de vivienda e infraestructura de los municipios colindantes con la ZMP. (v) El móvil pretendido de vincular el desarrollo económico individual con la propiedad de un vehículo motorizado privado, el cual se facilita con la reducción de tasas de interés para la adquisición de vehículos motorizados privados a través de crédito. (vi) La estrecha interacción que existe entre la ZMP con la Megalópolis del Valle de México.

La ausencia de un modelo de transporte masivo eficiente y seguro motiva la migración de usuarios hacia el transporte motorizado privado, lo cual implica un aumento en dos problemáticas: (i) Mayor incremento de emisiones de gases efecto invernadero y (ii) mayor congestionamiento vial, el cual reduce la velocidad crucero. De acuerdo a datos de encuestas en la Zona Metropolitana del Valle de México, los 3 deciles de mayor ingreso de la población desembolsan el 83% de los gastos totales en automóviles. Mientras que los 7 deciles restantes desembolsan solamente un 17% del gasto total en este rubro. La población de menores ingresos tiende a adquirir los autos de modelos más antiguos que emiten una mayor cantidad de contaminantes. De acuerdo con este estudio se concluye que los primeros 7 deciles contribuyen en una mayor proporción a la contaminación por auto, pero los últimos 3 deciles, los de mayor afluencia, contribuyen con un mayor número de autos a la congestión vehicular. Los vehículos año-modelo 1990 y

anteriores no poseen tecnologías de control de emisiones, por lo que emiten 5.9 veces más de CO, 2.4 veces de NOx y 2.7 veces de HC que los vehículos año-modelo 1991 y posteriores, los cuales cuentan con tecnologías de control de emisiones como convertidores catalíticos, ya sean de dos o de tres vías.

Como consecuencia, un crecimiento inercial de una oferta ineficiente o costosa de transporte público en la ZMP provocaría una mayor migración de la población de menores recursos a satisfacer sus necesidad de movilidad a través de transporte motorizado privado con una gran probabilidad que éste sea de modelos antiguos, lo cual generaría una mayor congestión vial, así como un aumento del nivel de emisiones de gases efecto invernadero. Bajo un escenario inercial, la oferta de infraestructura vial se vería rebasada por el creciente nivel de automóviles, lo cual provocaría un colapso en términos de movilidad con resultados negativos para la población en su conjunto.

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

La reducción de la velocidad de los vehículos motorizados –*públicos y privados*- provoca una mayor tasa de emisión de contaminantes, ya que a menor velocidad se produce mayor contaminación. Al aumentar la velocidad, el CO, los hidrocarburos y las partículas tienden a disminuir, en tanto que las emisiones de óxidos de nitrógeno se incrementan con menores velocidades. Entre otros factores, los frecuentes paros y arranques y el congestionado tránsito típico incrementan el total de emisiones de partículas para la misma distancia recorrida. Con base en información empírica de otras zonas urbanas en México, si se considera el número de viajes persona por cada modo de transporte, el vehículo motorizado privado -*automóvil particular*- produce 15 veces más contaminantes que un autobús urbano. Este tipo de emisiones es causante de los efectos de Gases Efecto Invernadero (*GEI)* responsables mayormente del cambio climático.

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. Una alta concentración de partículas contaminantes suspendidas en la atmósfera resulta altamente nociva para la salud humana y el ecosistema.

La evidencia científica ha comprobado que el ozono tiene efectos nocivos en la salud humana, principalmente en los niños, ancianos y personas sensibles (U.S. Environmental Protection Agency, 2004; U.S. Environmental Protection Agency, 2006). En el tracto respiratorio se producen daños en el sistema de defensas, inflamación y cambios en la permeabilidad de los tejidos, así como alteraciones en la estructura, función y bioquímica. La exposición de corta duración a una concentración alta de ozono puede afectar de forma temporal a los pulmones, el tracto respiratorio y los ojos. También puede aumentar la susceptibilidad a los alérgenos respiratorios.

Un estudio reciente, realizado por investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública y la Universidad de Carolina del Norte, demostró que la exposición a largo plazo a altas concentraciones de ozono puede provocar una disminución grave en la función pulmonar en niños en edad escolar (Rojas-Martínez et al., 2007). Otros estudios realizados previamente en la Ciudad de México y otras ciudades del mundo reportan efectos en la morbilidad de niños, adultos y personas sensibles, ocasionados por la exposición aguda y crónica al ozono (Gold et al., 1996; Romieu et al., 2004). La investigación científica ha documentado que, dentro de una población, cada individuo responde de manera diferente a la exposición al ozono,

dependiendo de su edad, de sus padecimientos respiratorios y cardiovasculares, de la cantidad de aire que respira y del tiempo que haya estado expuesto al ozono. Se ha determinado que el umbral para el daño y la inflamación de los pulmones se encuentra entre 50 y 80 partes por billón (la norma de protección a la salud es de 110 partes por billón).

De acuerdo con estudios de la Organización Mundial de la Salud (Transport, Environment and Health, WHO Regional Publications, European Series No. 89 y Health Effects of Transport-related Air Pollution, WHO 2005), el conjunto de efectos directos de los congestionamientos sobre la salud física y psicológica es amplio y variado:

- Nerviosismo, depresión, irritabilidad, cansancio, problemas de sueño y estrés.
- Falta de concentración en el trabajo y la escuela, baja productividad.
- Los congestionamientos mantienen a las personas en la inmovilidad, elevando la presión arterial y disminuyendo la tolerancia a la frustración, lo que propicia mayor agresividad.
- Las personas atrapadas en los congestionamientos y las que circulan o viven por vías de alta densidad de tránsito están expuestas a niveles de contaminantes que pueden triplicar los niveles promedio observados para la ciudad en su conjunto.

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 ZMP 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.

Una problemática adicional del incremento de la tasa de motorización lo constituye la 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 sicológicas que afectan el equilibrio, el sistema nervioso, el sueño y, por supuesto, con repercusiones en el rendimiento laboral. 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.

La Zona Metropolitana de Pachuca presenta un alto grado de accidentes de tráfico y muertes ocasionadas por imprudencias viales. Con base en información del Secretariado Técnico del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (2010), el Estado de Hidalgo registra el lugar 17 de accidentes por vehículos automotores. El 44% de los accidentes totales de la entidad se concentran en la ZMP, con una proporción de 17.8 muertos por accidentes por cada 100,000 habitantes, así como una proporción de 167 accidentes por cada 100,000 habitantes. El total de accidentes en los cuales se vincula al transporte público asciende a 731 incidentes viales.

b) <u>Análisis de la Oferta</u>;

Las vagonetas y microbuses son el medio más común de transporte público en la Zona Metropolitana de Pachuca. La oferta de transporte público se integra por 80 empresas de transporte colectivo, las cuales

suman un total de 4,344 vehículos, en una distribución de 112 rutas con derroteros con servicio a Pachuca –*urbano*-, así como también rutas intermunicipales. La red de transporte cuenta con 20 puntos de transbordo para cambios de rutas del servicio público de transporte, de los cuales 6 funcionan como puntos terminales de las rutas intermunicipales.

El alcance del proyecto se limita exclusivamente al caudal de movilidad denominada "*Centro-Téllez*"; por lo tanto, el diagnóstico de la oferta se limitará a las condiciones físicas y operacionales de la troncal, así como el material rodante.

Oferta Flota vehicular

El alcance del análisis de la oferta de rutas en "Situación Actual" se limita únicamente a aquellas rutas cuyo derrotero esté vinculado directamente con el caudal de movilidad urbano de la ZMP norte-sur, denominado "Centro-Téllez. En este sentido, el proceso analítico excluye el resto de rutas urbanas y suburbanas ajenas a esta troncal, ya que la problemática a resolver no se extiende a la totalidad del transporte público de la ciudad, sino únicamente a la zona de impacto "Centro-Téllez". En este contexto, el análisis de la oferta analizó 35 rutas con impacto directo sobre la troncal.

Tabla 7 Oferta flota vehicular - 35 rutas

	TIPO DE UNIDAD	MUNICIPIO	TIPO DE RUTA	No. De Unidades Flota
1	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	27
2	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	2
3	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
4	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5
6	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	23
7	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	16
8	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	SUBURBANA	17
9	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	16
10	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	14
11	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	19
14	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	36
15	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
16	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	15
17	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	13
18	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	14
19	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	7

20	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	17
21	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	16
22	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	15
23	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	10
24	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5
25	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	4
26	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
27	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	4
28	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	10
29	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	15
30	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	
31	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	0
32	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	0
33	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	20
34	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	0
35	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	0
				393

Fuente: ITS Technology de México

El total de la oferta de 35 rutas urbanas se compone por 393 unidades, de las cuales 40 unidades corresponden Minibuses de 11 metros y los restantes 299 a unidades tipo van –*Vagonetas*-.

Ilustración de unidad tipo Minibús.

Ilustración de unidad tipo Vagoneta.

Características Técnicas de la Infraestructura

Las unidades de transporte público de la troncal Centro-Téllez realizan su operación en la carpeta asfáltica de manera compartida con el transporte motorizado privado, por lo que los vehículos de transporte público no cuentan con carriles confinados. El principal eje de movilidad de la troncal lo constituye el Blvd. Felipe Ángeles, el cual es la principal arteria de movilidad de la ZMP y une la entrada sur de la urbe –*autopista Pachuca-México*- con el centro de la ciudad. La troncal de movilidad se integra a su vez por otras vialidades paralelas y complementarias como Juárez –*en sentido norte-sur*-, así como Av. Revolución y Vicente Segura –*en sentido sur-norte*-.

Las características de la oferta vial de la troncal "Téllez-Centro" se describen a continuación:

Clasificación de Transitabilidad: "Pavimentado Asfáltico", la subrogante se registra construida totalmente pavimentada.

Clasificación Administrativa: "Administración Municipal".

Categoría Física de la vialidad: "Tipo Especial", con características Tránsito Promedio Diario Anual superior a los 3,000 vehículos. Así como un tránsito horario máximo Anual de 360 vehículos:

TPDA = > 3,000 Vehículos.
THMA = > 360 Vehículos.

Tipo de Superficie de Rodamiento: Pavimentado asfáltico a ambos lados de la superficie de rodamiento están los acontecimientos que son las fajas laterales destinadas a alojar los vehículos que se estacionan por emergencia a lo largo de la vialidad. En el Boulevard Felipe Ángeles existen contra-cuencas en aquellos tramos donde se prevé la necesidad de desviar las corrientes de agua, así como drenaje transversal formado por las alcantarillas que permiten que el agua cruce de un lado a otro de la vialidad sin invadir la superficie. El tipo de pavimento de la oferta cumple con las funciones de diseño de:

a) rápido
b) eficiente
c) sin polvo

Número de carriles de circulación por sentido: En el caso del Blvd. Felipe Ángeles, 3 carriles por sentido más acotamiento (Incluyendo carril lateral), así como un camellón intermedio que separa los carriles de ambos sentidos; en el caso de la vialidad Juárez se registran tres carriles sin acotamiento ni camellón, mientras que

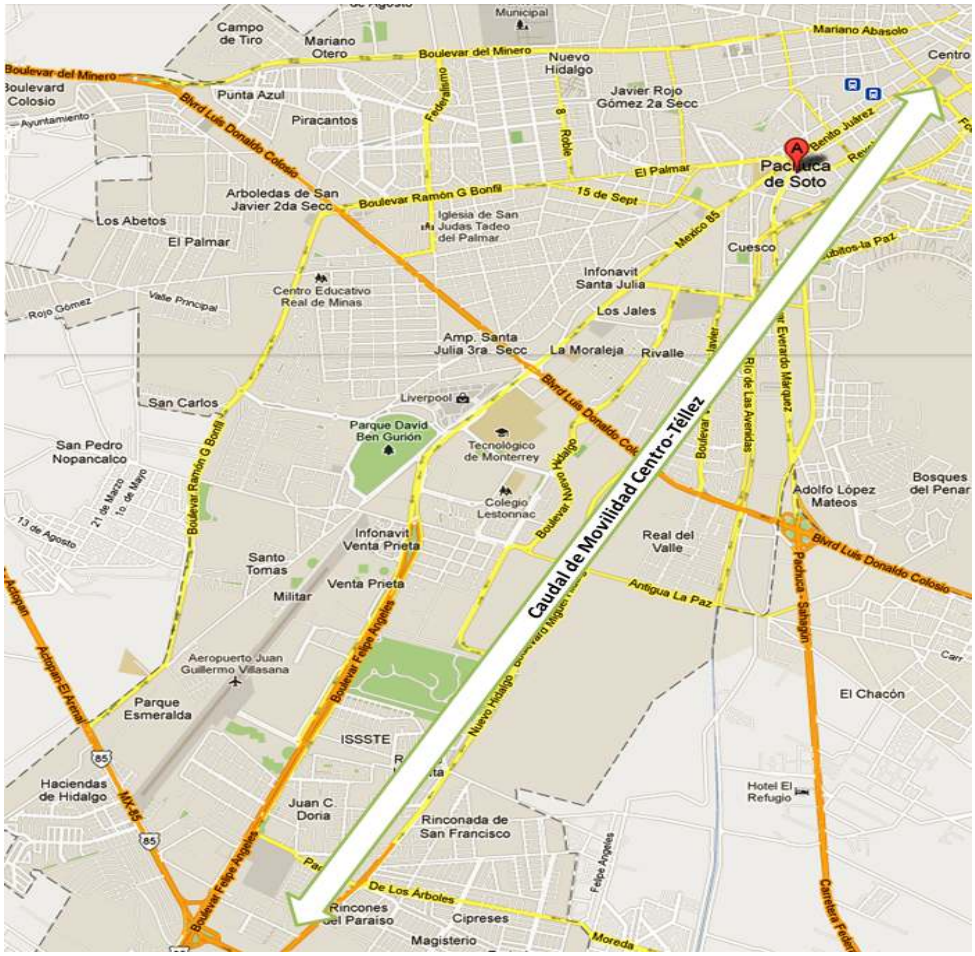
la Av. Revolución registra dos cuerpos –*ambos en la misma dirección*- con camellón en medio y Vicente Segura un cuerpo de dos carriles sin camellón.

Ancho Efectivo por Carril. Aproximadamente 3.66 m por carril y 1.84 m de acotamiento, sólo en Blvd. Felipe Ángeles, ya que las vialidades en la Zona Centro carecen de espacio de acotamiento.

Características de la Topografía. De los 16 km de longitud vialidad, prácticamente la totalidad son considerados como "Planos o con Poco Lomerío", en los cuales la pendiente descendente es inferior a 2%, con velocidades hasta de 40 km/h e inferior a 13 km/h en horas de congestionamiento vial.

Priorización de la Oferta: Las Vialidades Blvd. Felipe Ángeles, Av. revolución, Juárez y Vicente Segura están catalogadas como vialidad **Urbana,** las cuales proveen enlaces entre el sistema primario y los principales generadores de viajes, por un lado, y el sistema regional por el otro. Los principales generadores de viajes incluyen la zona comercial central, otros sub-centros mayores y las principales terminales para camiones interurbanos, carga enviada por vialidad, así como tráfico local. El sistema Regional se compone de los vehículos que transitan por esta vialidad con dirección a la Autopista México–Pachuca, periférico u otras carreteras estatales.

Ilustración 1 Plano Actual



Fuente: Elaborado por Rehovot

Índice de Rugosidad Internacional –*IRI*-. La Rugosidad (regularidad) de la vialidad se define como el conjunto de irregularidades presentes en la superficie del pavimento, que provocan vibraciones en los vehículos que la transitan. El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento; representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta) y el perfil longitudinal real. La rugosidad de superficie se relaciona con el confort, la seguridad, los costos de operación de los vehículos y la duración de la calle. El aumento del valor del IRI en una vía aumenta de manera directa los costos de operación de los usuarios que transitan sobre ella. Por ejemplo, el costo de operación (gasto de combustible y reparaciones) sube 15% a 20% si el IRI es 4 en vez de 2. Sube 30% si el IRI es 6 en vez de 2. EI rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

Para estimar el IRI de las vialidades de la troncal de movilidad "Centro-Téllez" -*Boulevard Felipe Ángeles, Av. Revolución, Juárez y Vicente Segura*- se fundamentó en la publicación denominada "Índice Internacional de Rugosidad en la Red de Vialidades de México", publicada por el Instituto Mexicano del Transporte". De acuerdo a la clasificación de este documento para la red de vialidades de México, el índice IRI de la Boulevard Felipe Ángeles se ubica en 6 m/km, cuyas características son: (i) Pavimentos no nuevos, (ii) imperfecciones en la superficie. De acuerdo a la clasificación internacional de 12 niveles, el IRI de la Boulevard Felipe Ángeles registra un nivel de 4.

Índice de Servicio Actual. De acuerdo a la publicación del Índice Internacional de Rugosidad en la Red de Carreteras de México", publicada por el Instituto Mexicano del Transporte", el nivel del Índice de Servicio Actual de la Boulevard Felipe Ángeles se registra como "*Regular".* El estado actual del pavimento no cuenta con condiciones de densidad suficientes para concentrar un uso mayor de buses, ni mucho menos soportar condiciones operativas de buses de transporte público con capacidad igual o mayor a 10 toneladas por eje, como lo supone las unidades articuladas de 18 metros.

Condiciones de señalamiento. En términos generales, el trazo de la Vialidad registra buenas condiciones de señalamiento tanto vertical como horizontal; sin embargo, el trazo registra una serie de retornos a nivel señalado que carecen de señalamientos verticales y/o horizontales, lo cual incrementa el nivel de riesgo operativo del tránsito vehicular.

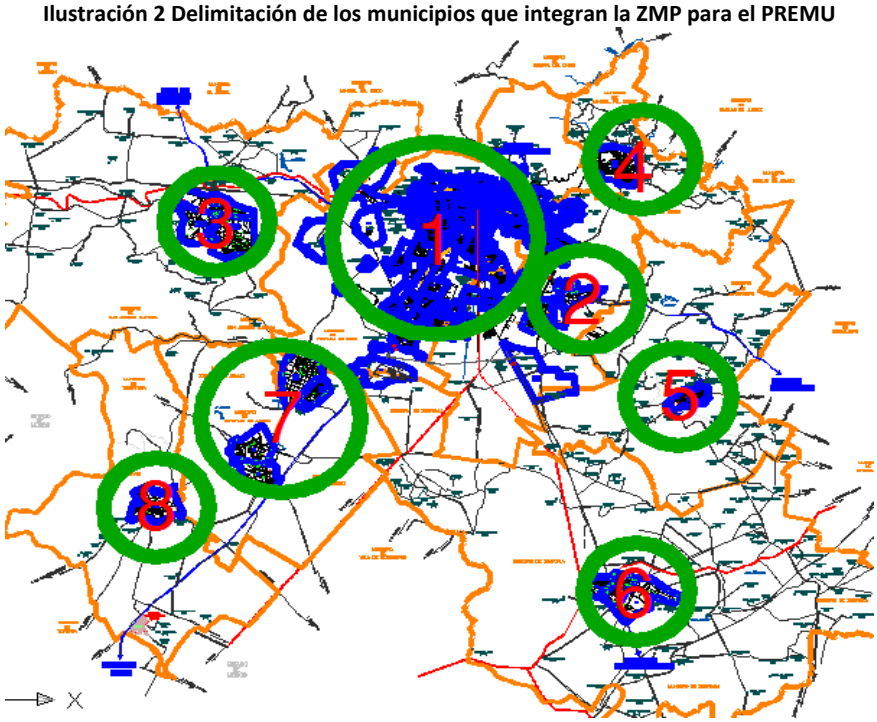
c) Análisis de la Demanda Actual

Delimitación, división y datos demográficos ZMP

Delimitación de los municipios que integran la ZMP para el PREMU

1. PACHUCA
2. MINERAL DE LA REFORMA
3. SAN AGUSTIN TLAXIACA
4. MINERAL DEL MONTE
5. EPAZOYUCAN
6. ZEMPOALA
7. ZAPOTLAN DE JUAREZ
8. TOLACAYUCA

Ilustración 2 Delimitación de los municipios que integran la ZMP para el PREMU

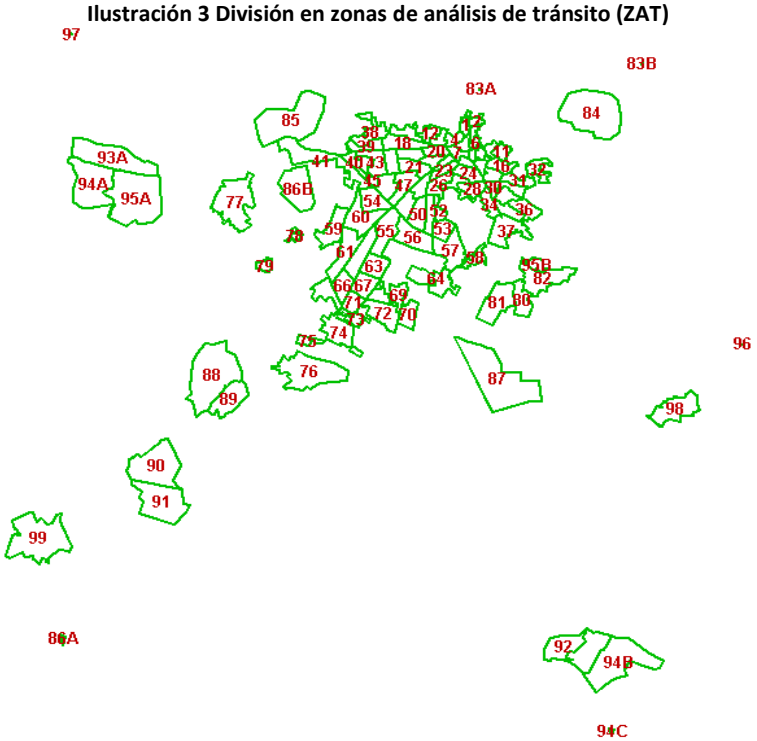


Fuente: Elaborado por CONSIVI

División en zonas de análisis de tránsito (ZAT)

La Zona Metropolitana de Pachuca se dividió en 105 ZAT's

Ilustración 3 División en zonas de análisis de tránsito (ZAT)



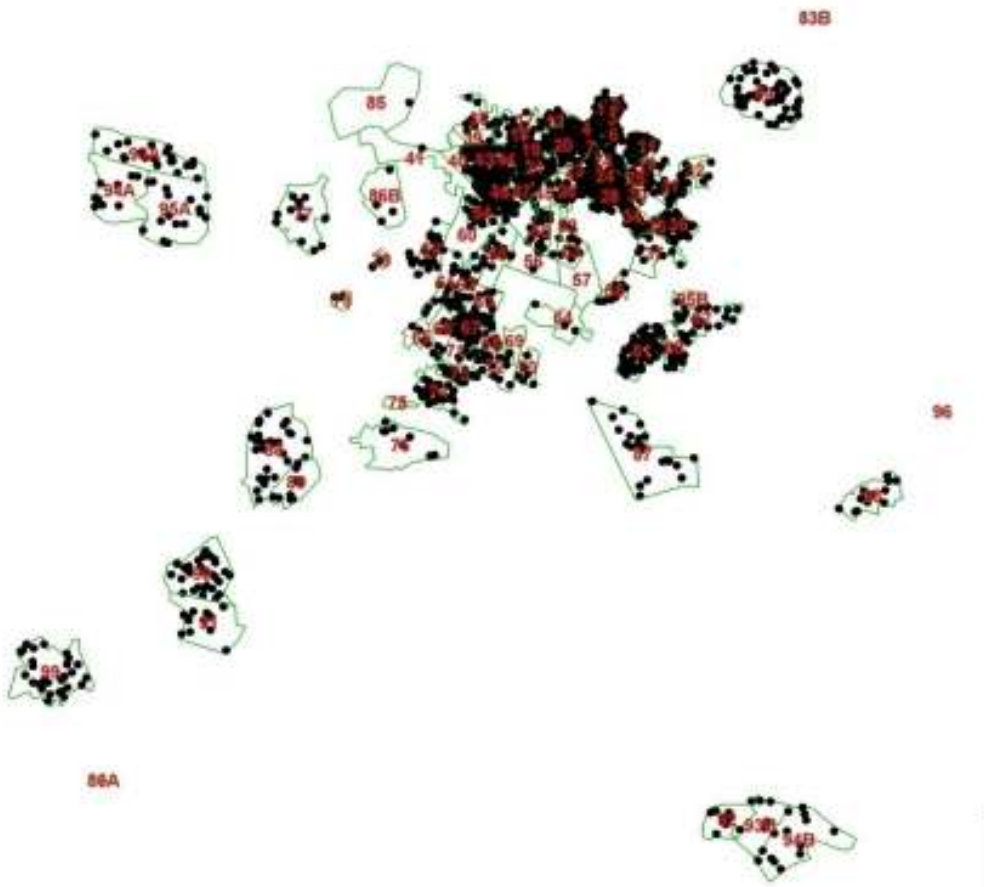
Fuente: Elaborado por CONSIVI

Datos demográficos por zonas de análisis de tránsito (ZAT)

Población total de la zona Metropolitana de Pachuca es de: 354,831 Hab.

168,849 hombres
185,982 mujeres

Ilustración 4 Datos demográficos por zonas de análisis de tránsito (ZAT)



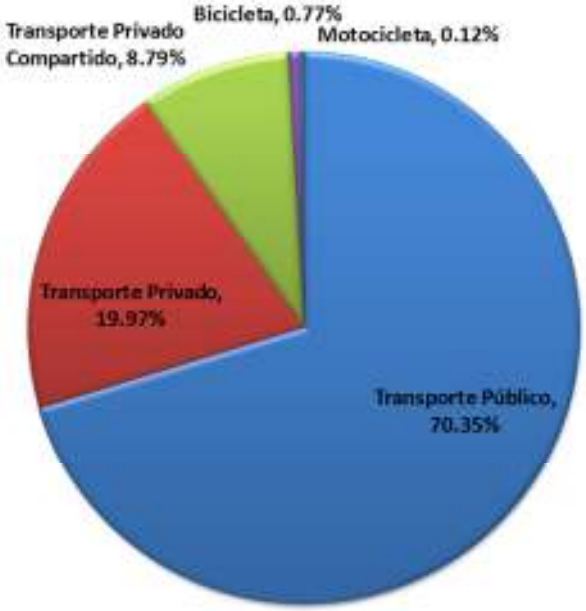
Fuente: Elaborado por CONSIVI

Repartición modal en la zona Metropolitana de Pachuca

No. de viajes

- 3.13 millones de viajes totales (100%)
- 2.19 millones de viajes en transporte público (70%)

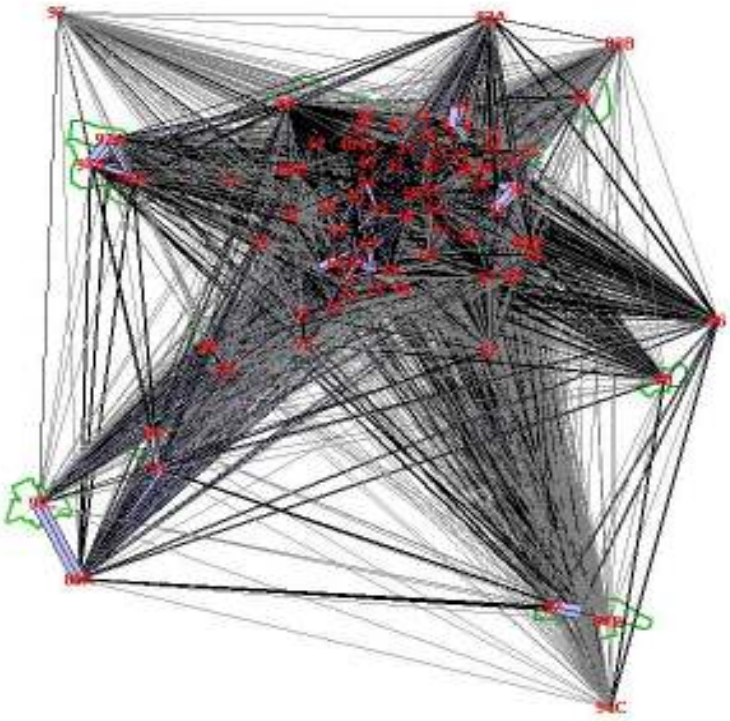
Ilustración 5 Número de viajes



Fuente: Elaborado por CONSIVI

Modelo de demanda.
Líneas de ascenso

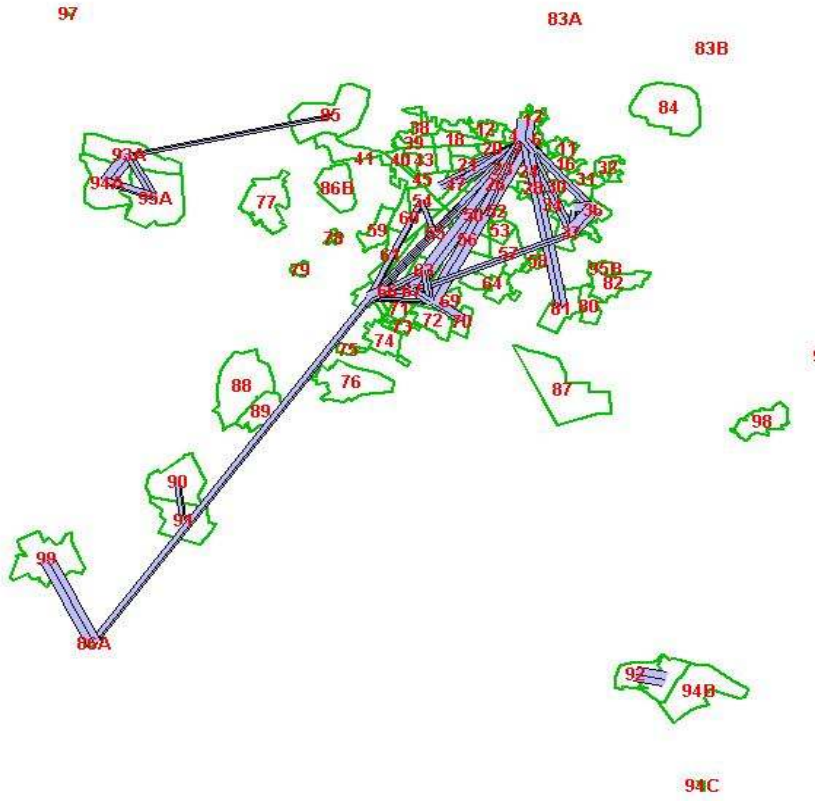
Ilustración 6 Modelo de demanda. Líneas de ascenso



Fuente: Elaborado por CONSIVI

MAXIMO DE VIAJES PRODUCIDOS/ATRAIDOS		ZONA CON SUMA MAXIMA DE PRODUCCIONES Y ATRACCIONES	
ZONA 99	TOLCAYUCA	ZONA 5	CENTRO HISTORICO CD. PACHUCA

Ilustración 7 Líneas de Deseo



Fuente: Elaborado por CONSIVI

Estudios de campo

Aforos vehiculares en estación maestra de flujo:

- Carr. México – Pachuca.
- Carr. Pachuca – Actopan.
- Antigua Carretera a Real del Monte.
- Libramiento México – Tampico.
- Carr. Pachuca – Tulancingo.
- Carr. Pachuca - Cd Sahagún
- ÁREAS CONTROLADAS.

Corredores de transporte para estudios de velocidades, tiempo de recorrido y demoras:

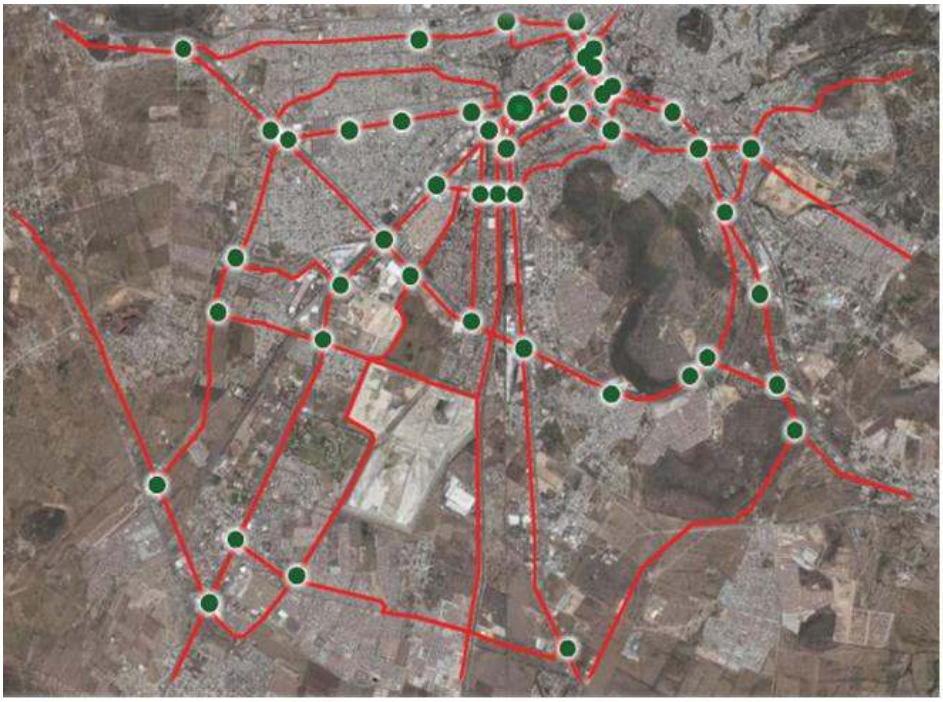
- Blvd. Felipe Ángeles
- Blvd. Luis D. Colosio
- Av. Madero – Centro – Blvd. Minero
- Blvd. Everardo Márquez – Glorieta Insurgentes – Blvd. Ramón G Bonfil
- 5 de Mayo - Ferrocarril Central
- Froylán Jiménez – Viaducto Rojo Gómez – Av. Universidad

Inventarios de :

- Sentidos de circulación.
- Usos de suelo
- Bases de transporte.
- Fases, ciclos, repartos, offsets, de semáforos.

- Inventario del estado físico del pavimento.
- Estudio de frecuencia de paso y ocupación vehicular.
- Verificación de recorrido de ruta.
- Estudio de ascenso y descenso de pasajeros

Puntos de aforo vehicular direccional



INTERSECCIONES

RUTAS ANALIZADAS

Intersecciones aforadas:

002 Blvd. Colosio -Av. Gabriel Mancera
003 Blvd. Colosio- Blvd. Ramón G Bonfil
004 Blvd. Colosio -Arboledas de San Javier
005 Blvd. Colosio -Blvd. Felipe Ángeles
006 Blvd. Colosio -Blvd. Nuevo Hidalgo
007 Blvd. Colosio -Blvd. Valle de San Javier
008 Blvd. Colosio -Vto. Rio de las Avenidas
009 Blvd. Colosio -Blvd. Everardo Márquez
010 Blvd. Colosio Av. Zeus
011 Blvd. Colosio- PFP
012 Blvd. Colosio- Libr. Las Palomas
013 Blvd. Colosio -Blvd. Pachuca-Pachuquilla
014 Av. Madero- Av. Universidad
015 Av. Madero -Reforma
016 Av. Madero- Ixmiquilpan
017 Av. Madero- Gea González
018 Ramírez Ulloa -Gea González
019 Av. Madero -Pino Suarez
020 Ramírez Ulloa- Pino Suarez
021 Av. Madero -Manuel del Corral
022 Ramírez Ulloa -Manuel del Corral
023 Av. Madero -Vto. Rio de las Avenidas
024 Ramírez Ulloa -Vto. Rio de las Avenidas
025 Av. Revolución -5 de Febrero
026 Av. Revolución -Av. Madero
027 Av. Revolución -Belisario Domínguez
028 Plaza Juárez Guerrero - Fdo Soto
029 Av. Juárez -Gómez Pérez
030 Abasolo -Fernando Soto
031 Carrillo Puerto -Gómez Pérez
032 Abasolo- Calz. Veracruz
033 Camerino Mendoza -Froylán Jiménez
034 Carrillo Puerto- Froylán Jiménez
035 Camerino Mendoza -José Luis Mora
036 Carrillo Puerto -José Luis Mora
037 Blvd. del Minero- Av. 6
038 Blvd. Colosio- Av. Universidad
039 Vto. Rojo Gómez -Pino Suarez
040 Vto. Rio de las Avenidas -Vto. Rojo Gómez
041 Av. Revolución- Jaime Nunó
042 Av. Revolución -Samuel Carro
043 Vicente Segura- Jaime Nunó
044 Vicente Segura -Samuel Carro
045 Av. Juárez -Jaime Nunó
046 Av. Juárez -Samuel Carro

047 Glorieta Insurgentes
048 Blvd. Colosio- Ferrocarril Hidalgo
049 Blvd. Nuevo Hidalgo -Av. de los Arboles
050 Blvd. Nuevo Hidalgo -Blvd. Rojo Gómez
051 Blvd. Rojo Gómez- Blvd. Valle de San Javier
052 Blvd. Rojo Gómez- Vto. Rio de las Avenidas
053 Blvd. Rojo Gómez- Blvd. Everardo Márquez
054 Blvd. Rojo Gómez- Blvd. Panorámico
055 Vto. Nuevo Hidalgo -Belisario Domínguez
056 Vto. Nuevo Hidalgo -Av. Revolución
057 Av. Madero- Vicente Segura
058 Av. Constitución -Art. 3ro
059 Av. del Palmar- Paseo Tolteca
060 Blvd. Ramón G. Bonfil -Av. 6
061 Blvd. Ramón G. Bonfil -Av. Federalismo
062 Blvd. Ramón G. Bonfil -Av. Piracantos
063 Blvd. Ramón G. Bonfil -Blvd. Real de la Plata
064 Blvd. Ramón G. Bonfil -Carr. Nopancalco
065 Blvd. Ramón G. Bonfil -20 de Noviembre
066 Blvd. Ramón G. Bonfil -Blvd. Santa Catarina
067 Blvd. Nuevo Hidalgo -Blvd. Felipe Ángeles
068 Vto. Nuevo Hidalgo -Julián Villagrán
069 Allende -Julián Villagrán
070 Vto. Nuevo Hidalgo -Melchor Ocampo
071 Vto. Nuevo Hidalgo -Leandro Valle
072 Vto. Rio de las Avenidas -Pról. Av. A Cravioto
073 Blvd. Everardo Márquez- Pról. Av. A Cravioto
074 Prol. Av. Juárez -Art. 3ro
075 Prol. Av. Juárez- 5 de Mayo
076 Blvd. Felipe Ángeles -Blvd. Rojo Gómez
077 Blvd. Felipe Ángeles- Blvd. Real de la Plata
078 Blvd. Felipe Ángeles -Av. Pirules
079 Blvd. Felipe Ángeles -Av. Tezontle
080 Blvd. Felipe Ángeles- Av. Nuevo Pachuca
081 Blvd. Felipe Ángeles -Rno. San Antonio
082 Blvd. Felipe Ángeles -Blvd. Las Torres
083 Carr. México Pachuca -Rno. Matilde
084 Carr. México Pachuca -Téllez
085 Carr. México Pachuca -Acayuca
086 Carr. México Pachuca -Zapotlán
087 Vto. Rio de las Avenidas -Blvd. Everardo Márquez
088 Vto. Rio de las Avenidas -Camino a la Paz
089 Vto. Rio de las Avenidas -Av. Moreda
090 Blvd. Pachuca-Pachuquilla- Av. Álamo Dorado
091 Blvd. Pachuca-Pachuquilla -Libr. Las Palomas
092 Blvd. Pachuca-Pachuquilla -La Providencia
093 Carr. Pachuca-Tulancingo -Av. Hidalgo

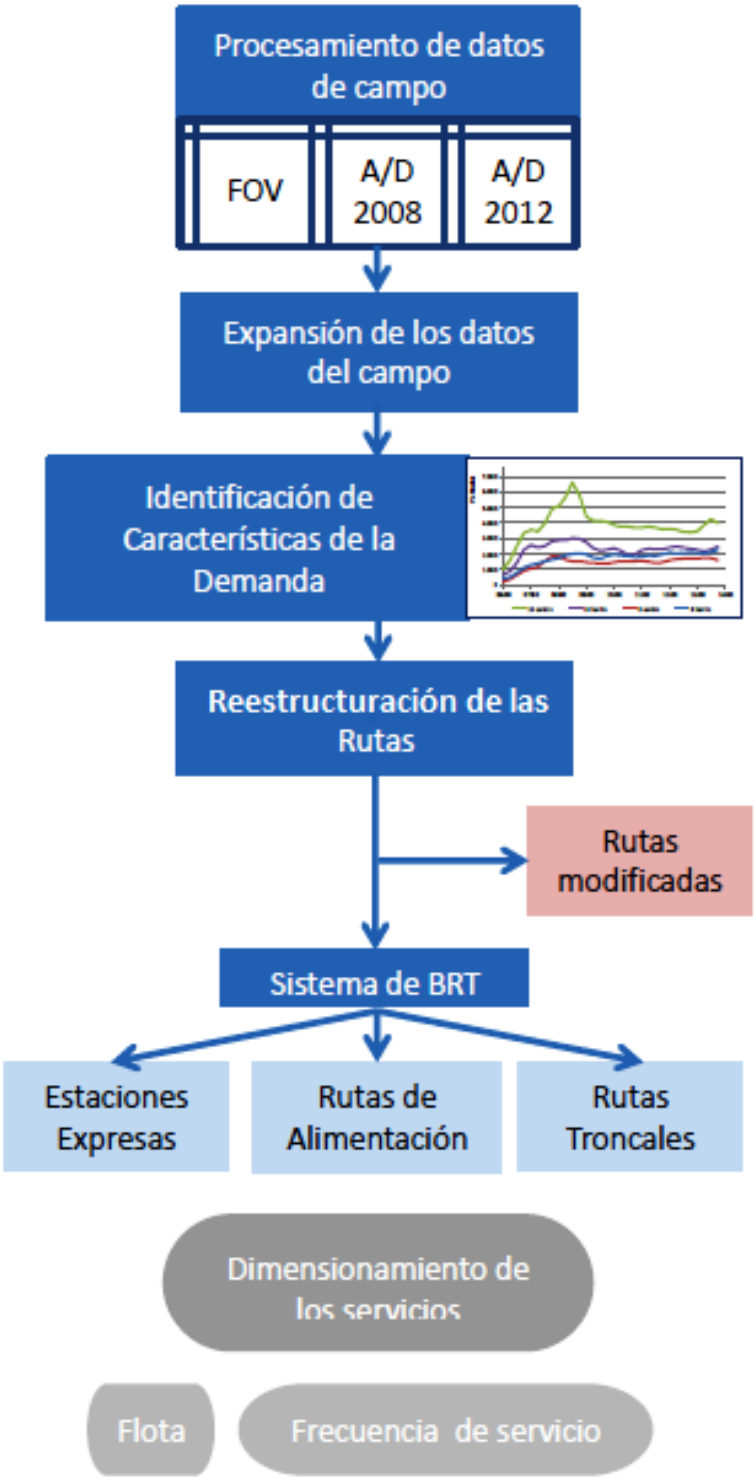
094 Carr. Pachuca-Cd. Sahagún La Noria
095 Av. de los Arboles -Av. de los Venados
096 Av. Nuevo Pachuca -Cto. Pachuca

El proceso de estimación de la demanda en el escenario actual empieza con el procesamiento de los datos levantados en campo, en el cual se registran dos observaciones en campo, la primera realizada en 2008 y la segunda en 2012. Este proceso incluye los datos de las encuestas de Frecuencia y Ocupación Visual –*FOV*- y Acenso/Descenso –*A/D*-, así como otros datos recolectados en el estudio de Ascenso/Descenso de 2008. En esta etapa se calibraron las encuestas de demanda generadas en 2008 y 2012, con la intención de compatibilizar los datos.

Una vez obtenidos los datos de campo se prosiguió con la etapa de procesamiento de información, para lo cual se utilizaron los resultados obtenidos en la encuesta FOV, con la intención de expandir los datos de A/D en la totalidad de horas diarias de operación, así como también sobre todos los puntos de ascensos y descensos del Corredor.

El resultado del proceso de expansión de datos permite la elaboración de un análisis de los insumos generados en los levantamientos en campo de la demanda existente; así mismo, pueden correlacionarse con los distintos puntos específicos sobre el corredor de movilidad. Con base en este ejercicio se construyen los perfiles de demanda de las rutas y se identifican los puntos, tramos y horarios de máxima demanda. Este ejercicio también permite identificar la taza de renovación de las líneas.

Ilustración 8 Ilustración del proceso de estimación de la demanda



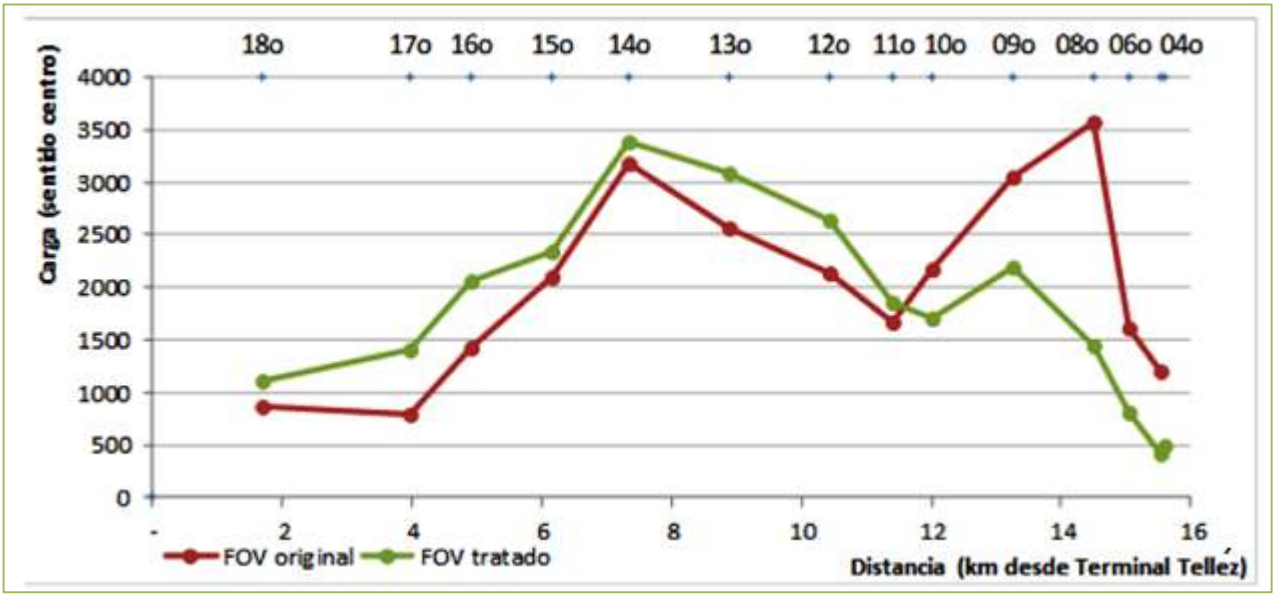
Fuente: ITS Technology de México

Procesamiento de datos Frecuencia Ocupación Visual

Este proceso consistió en la actualización de la información levantada en las encuestas de campo realizadas en 2008 y esta información se complementa con la encuesta realizada en 2012.

Posteriormente, el procesamiento de los datos FOV procedió a eliminar de la base de datos la demanda de todas aquellas rutas cuyo derrotero no estuviese vinculado con el caudal de movilidad "Centro-Téllez". La figura siguiente muestra la diferencia en los datos de la FOV antes y después de quitar la carga correspondiente a estas rutas.

Ilustración 9 Datos de la FOV antes y después del procesamiento



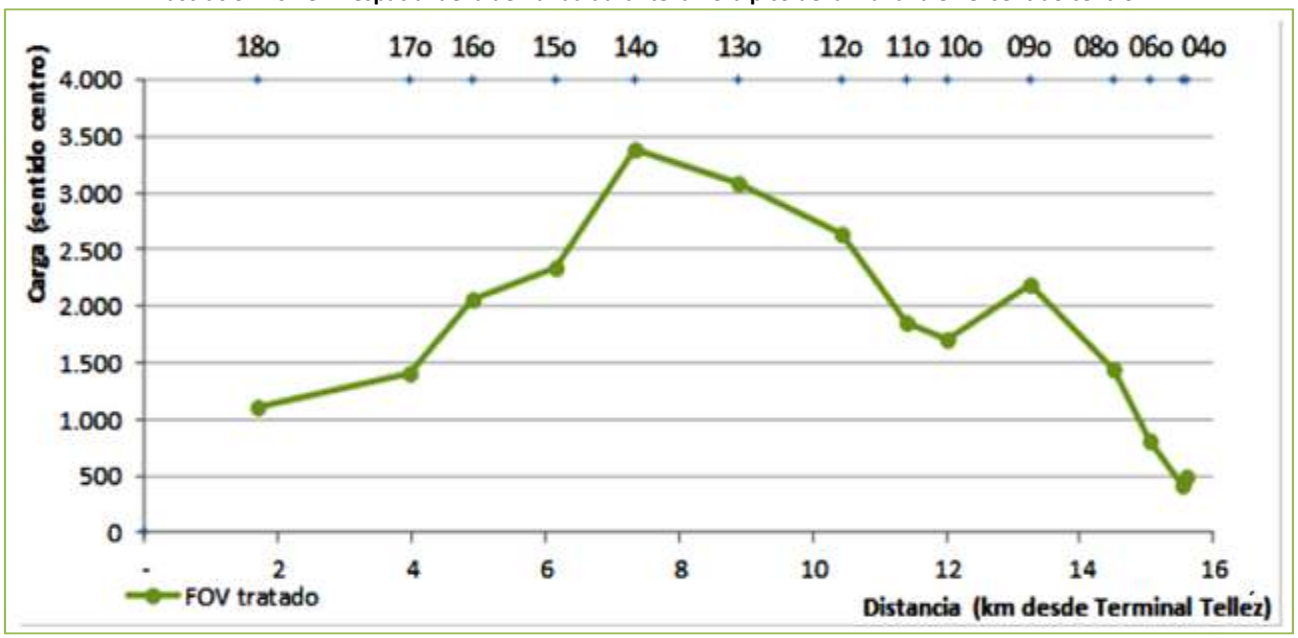
Fuente: ITS Technology de México

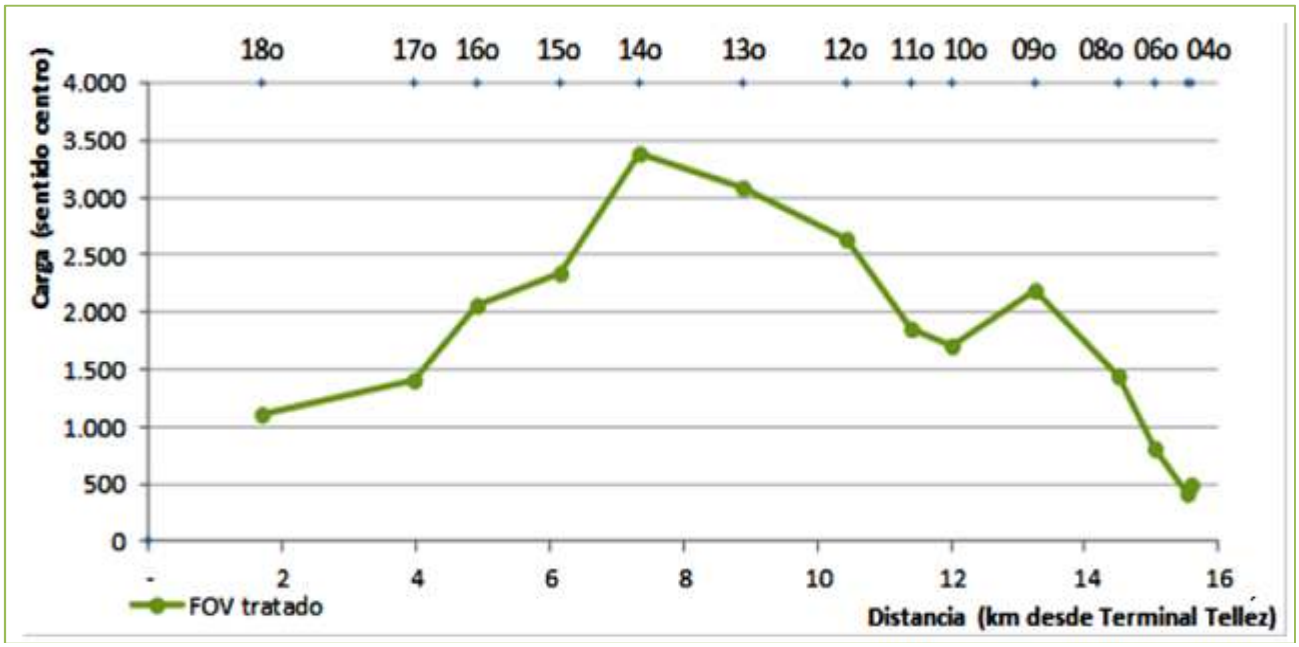
Carga máxima

La primera etapa de la estimación de la demanda requiere de la identificación de la carga máxima a lo largo del Corredor.

El perfil de la demanda a lo largo del Corredor ilustra los puntos de carga observados en la encuesta de frecuencia y ocupación visual (FOV), de manera que se suman todas aquellas líneas que contribuyen a la demanda del Corredor movilidad "*Centro-Téllez*".

Ilustración 10 Perfil espacial de la demanda durante la hora pico de la mañana en el sentido centro

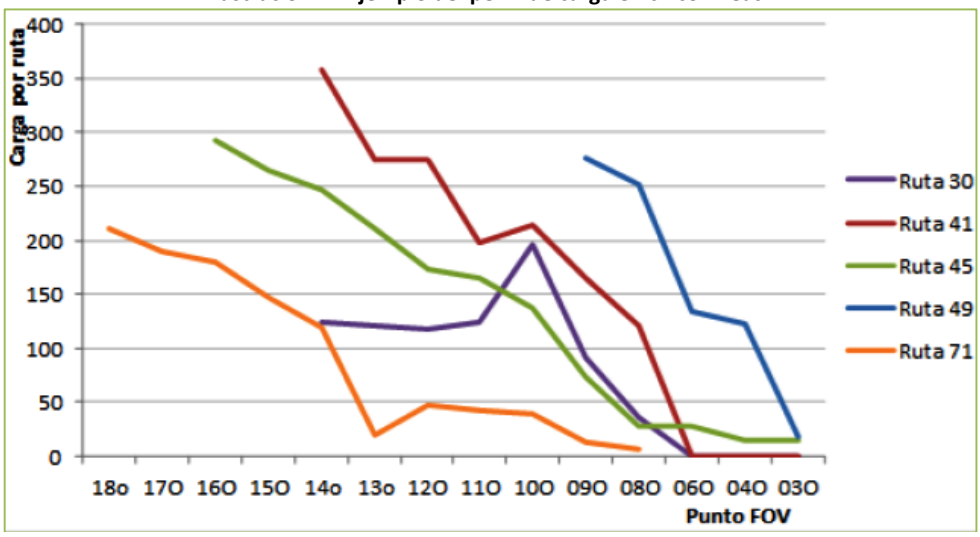




Fuente: ITS Technology de México

Como resultado de este proceso analítico se identificó que la carga máxima de cada ruta ocurre en un punto diferente para cada línea. Por ejemplo, se observa en la figura siguiente que la carga máxima de la línea 45 ocurre en el 16, no en el punto 14.

Ilustración 11 Ejemplo del perfil de carga en cinco líneas.



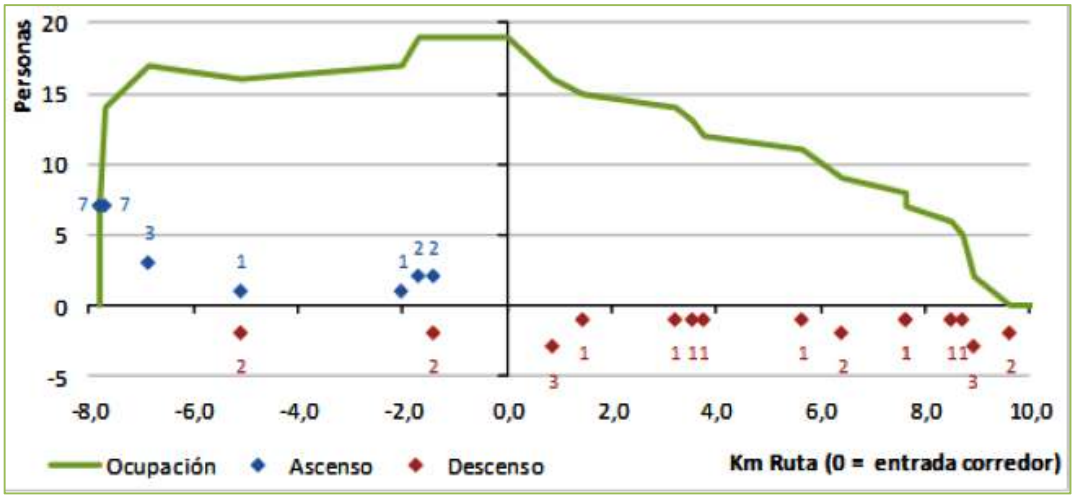
Fuente: ITS Technology de México

El número de pasajeros que embarcan en una unidad de transporte público es más grande que la carga observada en un punto específico debido al proceso de ascenso y descenso de pasajeros a lo largo de la extensión de una ruta.

Para transformar la carga de pasajeros al número de embarques se utilizó un factor de renovación calculado de acuerdo a los datos de la encuesta A/D. El factor de renovación representa el número de pasajeros nuevos que abordan las unidades de transporte público en comparación con la carga máxima observada. Por ejemplo, un factor de renovación alto significa que existe un gran número de pasajeros abordando y bajando de las unidades a lo largo del Corredor. Por el contrario, un factor de renovación bajo significa que los mismos pasajeros viajan en una mayor proporción a lo largo de la extensión del derrotero del Corredor.

En la ruta "A", por ejemplo, la carga máxima es 19, el número de embarques es 23 y el factor de renovación es igual a 23/19 =1.21.

Ilustración 12 Perfil de AD ruta "A".



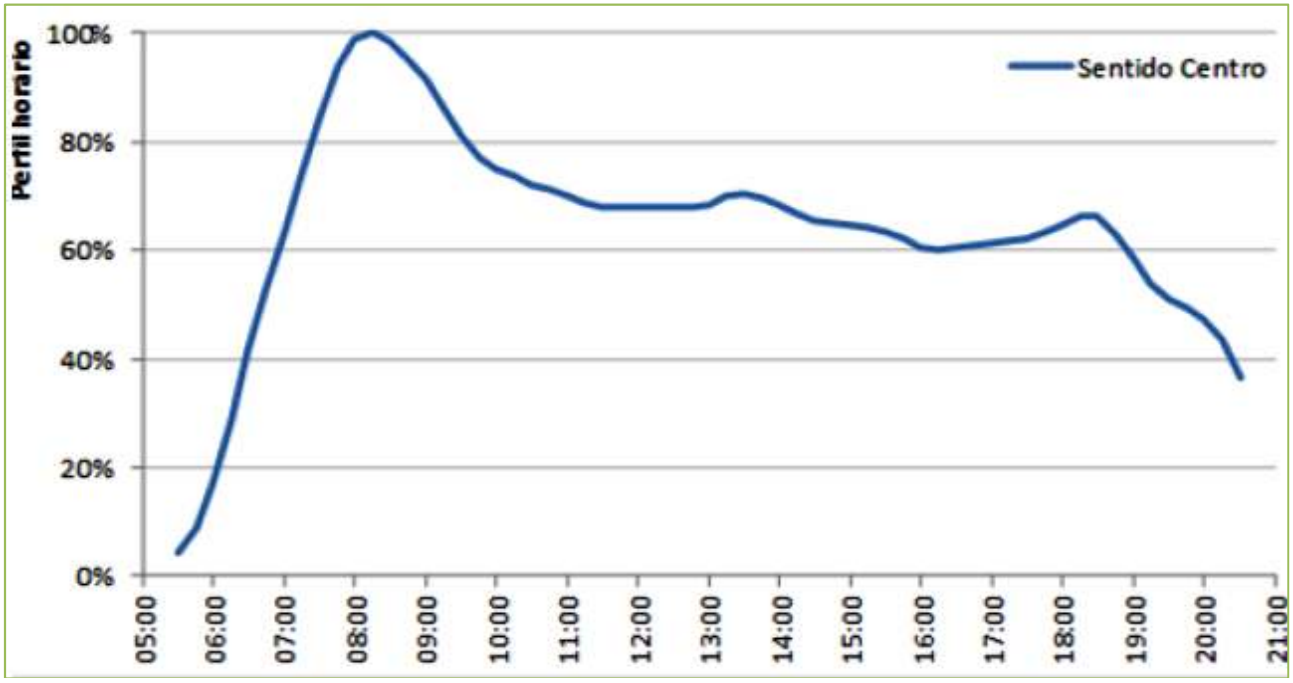
Fuente: ITS Technology de México

Mediante la aplicación del índice de renovación obtenido en las encuestas de Acenso/Descenso a la carga observada en cada línea, el proceso analítico de estimación de demanda obtuvo el número total de embarques, el cual es equivalente a 7,315 pasajeros/sentido durante la hora pico. Esto representa un índice de renovación promedio de 1.24.

Expansión diaria de la demanda

Una vez obtenido el número de embarques durante la hora pico de la mañana, el siguiente paso metodológico consiste en expandir los datos de la demanda para el resto de las horas de operación durante el día. Para lo cual se calculó el factor de expansión de la hora pico con base en los datos arrojados por la encuesta FOV, lo que fue equivalente a un coeficiente de 10.3. Por ejemplo, en el gráfico inferior puede identificarse que la carga de la hora pico del sistema en el sentido Centro registra aproximadamente un décimo de la carga total durante el resto de las horas del día.

Ilustración 13 Perfil horario de la carga total del sistema, sentido Centro.

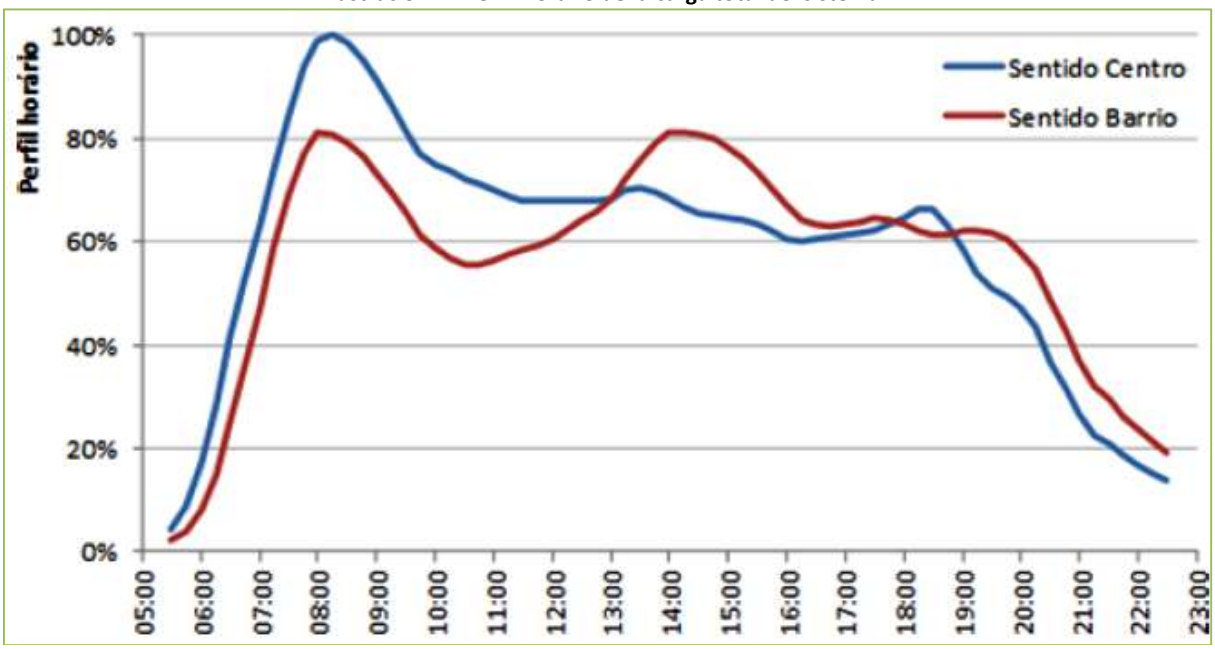


Fuente: ITS Technology de México

El factor de expansión diaria se multiplica por el número de embarques por sentido, lo cual arroja un total de embarques diarios de 75.2 mil pasajeros por sentido en la troncal de movilidad “Centro-Téllez”.

La metodología de la estimación de la demanda realizó la totalidad de los cálculos con base en el sentido “sur-centro”. Por lo tanto, mediante el empleo de la hipótesis (observada en otras áreas metropolitanas) se asume que el mismo número de pasajeros diarios recorre el derrotero de movilidad en sentido opuesto, para lo cual se procedió a multiplicar el número de embarques diarios por sentido por un factor de dos.

Ilustración 14 Perfil horario de la carga total del sistema.



Fuente: ITS Technology de México

Como consecuencia, la demanda estimada para el escenario de "Situación Actual" resulta en un número total de embarques por día equivalente a 150.4 mil pasajeros en día promedio anual, el cual es equivalente a 317 días anuales, descontando fines de semana y días festivos.

Modos de viaje

De acuerdo con la información resultante de la Encuesta Origen-Destino, OD, 70% de la población de la Zona Metropolitana de Pachuca se moviliza en transporte público, 20% en transporte motorizado privado, el 9% en transporte privado compartido –*buses suburbano, taxis, etc.*-, mientras que el restante 1% en moto o bicicleta.

Motivo de viaje**:**

Para lograr una compatibilidad metodológica del proyecto de movilidad urbana de la Zona Metropolitana de Pachuca con otros proyectos de zonas urbanas en México fueron empleados los resultados obtenidos a nivel nacional por el Instituto Mexicano del Transporte –*ver Anexo*-, cuyas conclusiones arrojan que la mayor parte de los viajes (57%) realizados por los usuarios 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*-. Mientras que un 43% restante incluye diversos propósitos como estudio, ocio, visita social, u otro motivo.

Patrón de los viajes**.**

De acuerdo al proceso de modelación se determinó que el viaje promedio de los usuarios de la troncal "Centro-Téllez" asciende a 8.3 Km.

d) Interacción de la oferta-demanda.

Frecuencia de paso

La operación de transporte público en el caudal de movilidad "Centro-Téllez" inicia entre las 5:00 y las 6.00 horas y finaliza alrededor de las 21:30; éste es un dato aproximado, ya que cada una de las rutas definidas en la troncal de movilidad opera bajo horarios específicos, tal como se indica en la tabla inferior.

Las frecuencias de paso entre unidades de transporte varían en cada una de las rutas, ya que este factor depende de la relación entre el número de unidades con que cuenta cada ruta y la distancia de derrotero de cada ruta. Un promedio aritmético del intervalo de paso del conjunto de las 35 rutas que conforman la troncal bajo el escenario "Situación Actual" registra 11 minutos. Cabe mencionar que el modelo operativo de la rutas actuales responde a un esquema no sistematizado de "hombre-camión", por lo tanto, los conductores no reducen la oferta de vehículos dependiendo la carga horaria, lo cual supone que el intervalo mencionado en el cuadro inferior es prácticamente el mismo a lo largo del día.

Tabla 8 Frecuencia del Corredor 1 Centro-Téllez

	TIPO DE UNIDAD	MUNICIPIO	TIPO DE RUTA	Horario	Intervalo de paso (min.)
1	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5:00-21:00	4
2	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5:00-21:00	5
3	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
4	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:20-21:45	15
5	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:30-21:45	10
6	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-22:30	3
7	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-22:00	4
8	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	SUBURBANA	6:00-22:30	4
9	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:20-19:30	4
10	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:20-19:30	4
11	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5:30-21:30	30
12	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5:30-21:30	30
13	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:30-21:00	5
14	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:30-22:00	5
15	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA

16	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	5
17	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-20:30	8
18	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:30	8
19	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:30	8
20	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:10-21:30	5
21	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-22:00	3
22	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:30	7
23	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5:20-22:00	120
24	MIDIBUS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	9
25	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-20:00	Ciclo
26	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	
27	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	12
28	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	5
29	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	5:20-22:14	7
30	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
31	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	0
32	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	0
33	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	0
34	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	0
|35	VAGONETAS	PACHUCA DE SOTO	URBANA	6:00-21:00	0
				Promedio	**11**

Fuente: Instituto Estatal de Transporte. Gobierno del estado de Hidalgo.

Carga de transporte público

La capacidad máxima de operación de transporte público -*12 transportes públicos dobles*- se registra en los horarios punta definidos de 7:00 a 9:00 y de 18:00 a 20:00. La menor carga operativa de transporte público se registra en el lapso de las 5:00 a las 6:00.

Organismo Operador

La oferta de transporte público de la troncal de movilidad "Centro-Téllez" es operadora por 35 rutas, las cuales se integran por medio de microempresarios que son propietarios de una o dos unidades cada uno, este esquema es conocido como "hombre-camión". El ente regulador tanto de la troncal como de la totalidad de la oferta de la ZMP lo constituye el Instituto Estatal de Transporte *–IET-*, el cual es un Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Hidalgo.

Índice de pasajeros por vehículo por día (PVD)

El PVD o índice de Pasajero por Vehículo por Día es un indicador que mide la utilización del parque vehicular de transporte público, comprendido en la oferta. Los resultados de este indicador operativo indican que la movilización diaria por unidad de transporte público asciende a 443 usuarios por día hábil. Esta cifra es relativamente baja en el contexto de otras zonas metropolitanas del país, sin embargo, en el caso de esta troncal en específico es relevante mencionar que el 88% de oferta de unidades en el caudal de movilidad "Centro-Téllez" lo constituyen vehículos de baja capacidad, también conocidos como vagonetas o Vans.

Índice de pasajeros por kilómetro (IPK)

El Índice de pasajeros por kilómetro constituye un indicador operacional de la troncal, el cual refleja el desempeño de la eficiencia de la flota durante un periodo determinado, 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 transporte público del caudal "Centro-Téllez", el IPK registrado es inferior a 2, lo cual es relativamente bajo y por lo tanto plantea un escenario de ineficiencia operativa, la cual contribuye a incrementar los Costos Generalizados de Viaje.

Velocidad sin Proyecto.

La interacción de oferta y demanda en "Situación sin Proyecto" genera una velocidad operativa promedio de las 35 rutas identificadas en la troncal de 13.48 Km/h, la cual incluye el proceso de ascenso y descensos.

Tabla 9 Velocidad Interacción Oferta-Demanda - Situación Sin Proyecto

RUTA	TIPO DE UNIDAD	Velocidad Km por Hora
1	MIDIBUS	13.50
2	MIDIBUS	13.71
3	NO OPERA	NO OPERA
4	MIDIBUS	14.60
5	MIDIBUS	13.79
6	VAGONETAS	13.33
7	VAGONETAS	13.35
8	VAGONETAS	13.35
9	VAGONETAS	13.94
10	VAGONETAS	13.15
11	VAGONETAS	12.58
12	VAGONETAS	13.48

13	VAGONETAS	12.43
14	VAGONETAS	13.50
15	NO OPERA	NO OPERA
16	VAGONETAS	12.80
17	VAGONETAS	13.50
18	VAGONETAS	12.63
19	MIDIBUS	12.95
20	VAGONETAS	14.49
21	VAGONETAS	13.20
22	VAGONETAS	13.69
23	VAGONETAS	13.88
24	MIDIBUS	13.29
25	VAGONETAS	13.60
26	NO OPERA	NO OPERA
27	VAGONETAS	13.80
28	VAGONETAS	14.06
29	VAGONETAS	13.91
30	NO OPERA	NO OPERA
31	VAGONETAS	13.43
32	VAGONETAS	13.28
33	VAGONETAS	13.57
34	VAGONETAS	13.53
35	VAGONETAS	13.67
		13.48

iii. Situación sin Proyecto de Inversión

a) <u>Optimizaciones: Consisten 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</u>

<u>Medidas de Optimización</u>.

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 eficiencia operativa de la oferta de transporte público y, por otra parte, aumentar la velocidad operacional de manera que se disminuyan los Costos Generalizados de Viaje. A esta serie de medidas se le denomina "Situación Optimizada", las cuales se explican en la tabla inferior:

Tabla 10 Acciones en la situación actual y optimizada

Solución	Situación Actual	Situación Optimizada	Afectación en Beneficios de CGV
Implantación de mejores prácticas de eficiencia operativa	Escasa o nula cultura de mantenimiento preventivo y mejores prácticas operativas	Realizar compras masivas que les permitan reducir los costos de insumos operativos; Implementar un programa de mantenimiento preventivo y ahorro energético de acuerdo al Protocolo de la Agencia Internacional de Energía –*AIE*- (Capítulo Transporte); Implementar protocolo de carga/descarga de pasajeros, que permita disminuir los frenados y arranques.	Reducción de costos operativos equivalente a un 12% para el caso de microbuses y 6% para vagonetas con relación a "Situación Actual"
Implantación de una solución que incremente la velocidad operacional.	Ascensos y descensos sin control en prácticamente cualquier punto de la troncal.	Aumento de la velocidad de operación del transporte público mediante la Implementación de un protocolo de carga/descarga de pasajeros.	Aumento de la velocidad en 2.75 Km/h con relación a la velocidad promedio en el escenario base de "Situación Actual"

Fuente: elaborado por Rehovot.

Esta medida supone la implementación de los siguientes tres supuestos: (i) El conjunto de propietarios de unidades convencionales unifican su poder de negociación para realizar compras masivas que les permitan reducir los costos de insumos operativos; (ii) el conjunto de unidades acuerda realizar un programa de mantenimiento preventivo de unidades que permita disminuir los costos operativos por mantenimientos mayores; (iii) el conjunto de propietarios de unidades acuerdan respetar un protocolo de carga/descarga de pasajeros en distancias no mayores a 200 metros, lo cual permite disminuir los frenados y arranques y, en consecuencia, se obtiene un menor desgaste en frenos y un menor consumo de combustible; (III) El conjunto de unidades en la troncal implementan el protocolo de ahorro de energía sugerido por la Agencia Internacional de Energía –*AIE*- en su capítulo de transporte, el cual, entre otros puntos, considera el correcto uso de la presión de las llantas, así como mejora de las buenas prácticas operativas. El escenario

supone que los resultados de la aplicación de estas medidas pueden llegar a generar ahorros hasta en un 12% de los costos operativos vigentes para minibuses y un 6% para el caso de las vagonetas.

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

El proceso de optimización del proyecto mantendría la oferta de transporte público sin cambio con relación al escenario base de "Situación Actual". Si bien, existen unidades con antigüedad mayor que la permitida por el regulador, al igual que en otras ciudades, el hecho de remover la oferta sin contar con un plan sistematizado de sustitución de unidades o bien una solución de fondo que migre del escenario actual a un proceso eficiente de transporte masivo, únicamente repercute en la caída de la calidad del servicio para el usuario ante la caída de la oferta y, por ende, el detrimento aún mayor de la calidad del servicio, así como el aumento del tiempo de frecuencia de paso, lo cual conlleva a una anulación de los posibles beneficios por eficiencia operativa registrados en el Costo Generalizado de Viaje.

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

El proceso de optimización del proyecto supone que ante la ausencia de una mayor oferta de transporte público, la demanda en el horizonte de evaluación permanecería igual a la registrada en el escenario de "Situación sin proyecto".

Tabla 11 Tiempo integrado de viaje "optimizado"

Situación Optimizada																	
	Datos operacionales				Ciclo del viaje (Tiempos)										HORAS		
	Flota	Longitud total 2S (km)	Longitud en carriles exclusivos + Alimentadora (km)	Demanda diaria (pasajeros)	Espera (minutos)		Ascenso y descenso (min)		Pago (min)		Transbordo solo 35% viajeros		Viaje (Min)		DIARIAS TOTALES		
					Pasajero (min)	Total (min)	Pasajero (Seg.)	Total (min)	Pasajero (Seg)	Total (min)	Pasajero (Seg)	Total (min)	(Min)	vel(km/hra)	(Min)		Longitud prom recorrida
1	27	36.00	36.00	18,468	4.00	73,872	4	1,231	6	1,847	10.67	68,947	30.65	16.25	565,973	11,865	8.30
2	2	37.70	37.70	1,368	5.00	6,840	4	91	6	137	10.67	5,107	30.25	16.46	41,378	893	8.30
3	0	0.00	0.00	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	0	0	0	0	8.30
4	5	14.60	14.60	3,420	15.00	51,300	4	228	6	342	10.67	12,768	28.70	17.35	98,165	2,713	8.30
5	3	14.70	14.70	2,052	10.00	20,520	4	137	6	205	10.67	7,661	30.11	16.54	61,794	1,505	8.30
6	23	14.70	14.70	7,815	3.00	23,444	4	521	6	781	10.67	29,175	30.96	16.08	241,972	4,932	8.30
7	16	23.80	23.80	5,436	4.00	21,745	4	362	6	544	10.67	20,296	30.93	16.10	168,154	3,518	8.30
8	17	36.80	36.80	5,776	4.00	23,104	4	385	6	578	10.67	21,564	30.93	16.10	178,664	3,738	8.30
9	16	15.80	15.80	5,436	4.00	21,745	4	362	6	544	10.67	20,296	29.84	16.69	162,198	3,419	8.30
10	14	25.10	25.10	4,757	4.00	19,027	4	317	6	476	10.67	17,759	31.31	15.90	148,949	3,109	8.30
11	19	9.48	9.48	6,456	30.00	193,668	4	430	6	646	10.67	24,101	32.49	15.33	209,767	7,144	8.30
12	19	29.20	29.20	6,456	30.00	193,668	4	430	6	646	10.67	24,101	30.69	16.23	198,121	6,949	8.30
13	22	21.00	21.00	7,475	5.00	37,375	4	498	6	747	10.67	27,906	32.81	15.18	245,248	5,196	8.30
14	36	0.00	0.00	12,232	5.00	61,158	4	815	6	1,223	10.67	45,665	30.65	16.25	374,854	8,062	8.30
15	0	13.00	13.00	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	0.00		0		8.30
16	15	21.00	21.00	5,097	5.00	25,483	4	340	6	510	10.67	19,027	32.03	15.55	163,220	3,476	8.30
17	13	0.00	0.00	4,417	8.00	35,336	4	294	6	442	10.67	16,490	30.65	16.25	135,364	3,132	8.30
18	14	13.00	13.00	4,757	8.00	38,054	4	317	6	476	10.67	17,759	32.38	15.38	154,007	3,510	8.30
19	7	15.50	15.50	4,788	8.00	38,304	4	319	6	479	10.67	17,875	31.73	15.70	151,900	3,481	8.30
20	17	20.00	20.00	5,776	5.00	28,880	4	385	6	578	10.67	21,564	28.89	17.24	166,891	3,638	8.30
21	16	33.50	33.50	5,436	3.00	16,309	4	362	6	544	10.67	20,296	31.22	15.95	169,735	3,454	8.30
22	15	32.90	32.90	5,097	7.00	35,676	4	340	6	510	10.67	19,027	30.29	16.44	154,383	3,499	8.30
23	10	22.60	22.60	3,398	120.00	407,723	4	227	6	340	10.67	12,685	29.95	16.63	101,777	8,713	8.30
24	5	21.20	21.20	3,420	9.00	30,780	4	228	6	342	10.67	12,768	31.06	16.04	106,210	2,505	8.30
25	13	30.50	30.50	4,417	0.00	0	4	294	6	442	10.67	16,490	30.46	16.35	134,536	2,529	8.30
26	0	31.50	31.50	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	0.00		0	0	8.30
27	4	48.20	48.20	1,359	12.00	16,309	4	91	6	136	10.67	5,074	30.09	16.55	40,895	1,042	8.30
28	10	31.50	31.50	3,398	5.00	16,988	4	227	6	340	10.67	12,685	29.63	16.81	100,674	2,182	8.30
29	15	48.20	48.20	5,097	7.00	35,676	4	340	6	510	10.67	19,027	29.89	16.66	152,354	3,465	8.30
30	0	0.00	0.00	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	0.00	0.00	0	0	8.30
31	0	26.80	26.80	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	30.79	16.18	0	0	8.30
32	0	23.40	23.40	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	31.08	16.03	0	0	8.30
33	20	39.50	39.50	6,795	0.00	0	4	453	6	680	10.67	25,369	30.52	16.32	207,369	3,898	8.30
34	0	0.00	0.00	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	30.58	16.28	0	0	8.30
35	0	34.90	34.90	0	0.00	0	4	0	6	0	10.67	0	30.34	16.42	0	0	8.30

Total	150,397	111,568

Promedio	15.249

Fuente: Elaborado Rehovot

Tabla 12 Estimación de Tiempo "Optimizado"

Estimación de Tiempo "Optimizado"					
Año		Demanda Diaria	Tiempo Integrado de Viaje Diario (Horas)	Tiempo Integrado de Viaje Anual (Horas)	Monetización Tiempo
				317	$22.73
0	2012	-	-		
1	2013	-	-		
2	2014	150,397	111,568	35,367,083	804,037,122
3	2015	153,405	113,799	36,074,424	820,117,864
4	2016	156,473	116,075	36,795,913	836,520,221
5	2017	159,602	118,397	37,531,831	853,250,626
6	2018	162,795	120,765	38,282,468	870,315,638
7	2019	166,050	123,180	39,048,117	887,721,951
8	2020	169,371	125,644	39,829,079	905,476,390
9	2021	172,759	128,157	40,625,661	923,585,918
10	2022	176,214	130,720	41,438,174	942,057,636
11	2023	179,386	133,334	42,266,938	960,898,789
12	2024	182,615	135,734	43,027,742	978,194,967
13	2025	185,902	138,177	43,802,242	995,802,477
14	2026	189,248	140,665	44,590,682	1,013,726,921
15	2027	192,655	143,197	45,393,314	1,031,974,006
16	2028	196,122	145,774	46,210,394	1,050,549,538
17	2029	199,653	148,398	47,042,181	1,069,459,430
18	2030	202,847	151,069	47,888,940	1,088,709,699
19	2031	206,093	153,486	48,655,163	1,106,129,055
20	2032	209,184	155,942	49,433,646	1,123,827,119
21	2033	212,322	158,281	50,175,151	1,140,684,526
22	2034	215,294	160,655	50,927,778	1,157,794,794
23	2035	218,308	162,905	51,640,767	1,174,003,921
24	2036	221,365	165,185	52,363,738	1,190,439,976
25	2037	224,464	167,498	53,096,830	1,207,106,136
26	2038	227,606	169,843	53,840,186	1,224,005,622
27	2039	230,793	172,221	54,593,948	1,241,141,700
28	2040	234,024	174,632	55,358,263	1,258,517,684
29	2041	237,300	177,077	56,133,279	1,276,136,932
30	2042	237,300	179,556	56,919,145	1,294,002,849
					$ 30,426,189,509

Fuente: Elaborado por Rehovot.

Tabla 13 Premisas Costo Operativo Optimizado

	TOTAL DE RUTAS SUSTITUIDAS POR TRONCAL											
	CLAVE	DERROTERO	TIPO DE UNIDAD	Km	Horario	Intervalo de paso (min.)	No. De Unidades Flota	Vueltas Diaria	Kms por Unidad Dia	Coeficiente Derrotero sobre Troncal	Kms por Flota dia VAGONETA	Kms por Flota dia MIDIBUS
1	01 PCH C	LAS PALMAS - SAN ANTONIO EL DESMONTE - CENTRAL DE BUS – Z.I. LA PAZ - PRI CHACÓN - UAEH - CESPÉDES Y VICEVERSA	MIDIBUS	36.000	5:00-21:00	4	27	6	227	70%		4,297
2	R1 01 PCH C	SANTA MATILDE - SAN ANTONIO EL DESMONTE - CENTRAL DE BUS – Z.I. LA PAZ - PRI CHACÓN - UAEH - CESPÉDES - LA PROVIDENCIA Y VICEVERSA	MIDIBUS	37.700	5:00-21:00	5	2	6	215	70%		302
3	03 PCH C	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
4	06 PCH C	DOS CARLOS - COL. ÁVILA CAMACHO - RÍO DE LA SOLEDAD - LA SURTIDORA – CENTRO Y VICEVERSA	MIDIBUS	14.600	6:20-21:45	15	4	11	161	65%		418
5	R1 06 PCH C	COL. MILITAR – DOS CARLOS - COL. AVILA CAMACHO – COL. RÍO DE LA SOLEDAD - CENTRO Y VICEVERSA	MIDIBUS	10.800	6:30-21:45	10	3	10	110	55%		182
6	16 PCH C	PUNTA AZUL - PIRACANTOS - EL PALMAR - STA. JULIA - CONSTITUCIÓN – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	14.700	6:00-22:30	3	23	20	294	65%	4,395	
7	17 PCH C	NOPANCALCO - TEZONTLE - VENTA PRIETA - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	23.800	6:00-22:00	4	16	8	196	70%	2,199	
8	18 PCH C	HUIXMI – VENTA PRIETA – PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	36.800	6:00-22:30	4	17	8	276	55%	2,581	
9	23 PCH C	PUNTA AZUL - PIRACANTOS - EL PALMAR - STA. JULIA - REVOLUCIÓN – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	15.800	6:20-19:30	4	16	11	167	65%	1,740	
10	24 PCH C	PARQUE URBANO - SAN ANTONIO - VENTA PRIETA - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	25.100	6:20-19:30	4	14	8	193	50%	1,352	
11	A 25 PCH C	CENTRAL DE BUS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	9.480	5:30-21:30	30	19	16	148	75%	2,107	
12	B 25 PCH C	CENTRO - CENTRAL DE AUTOBUSES – LA REFORMA – PARQUE INDUSTRIAL CANACINTRA - CONALEP – EL SAUCILLO - PROVIDENCIA – FRAC. RINCONADA DE LOS ANGELES Y VICEVERSA	VAGONETAS	29.200	5:30-21:30	30	19	4	108	50%	1,024	
13	30 PCH C	JUAN C. DORIA - VENTA PRIETA - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	14.500	6:30-21:00	5	21	7	99	65%	1,357	
14	31 PCH C	TULIPANES - VENTA PRIETA - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	21.000	6:30-22:00	5	36	8	168	65%	3,931	
15	32 PCH C	MAGISTERIO - VENTA PRIETA - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA

16	33 PCH C	REAL DEL VALLE - VALLE DE SAN JAVIER CENTRAL DE BUS - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	13.000	6:00-21:00	5	15	11	143	60%	1,287	
17	34 PCH C	CENTRAL – CUBITOS – PREPA 4 - CONAFE Y VICEVERSA	VAGONETAS	15.500	6:00-20:30	8	13	10	155	60%	1,209	
18	41 PCH C	TUZOS - EL ROBLE – EL VENADO – VENTA PRIETA – PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	20.000	6:00-21:30	8	14	6	126	60%	1,061	
19	42 PCH C	MATILDE - SAN ANTONIO - VENTA PRIETA – CENTRO Y VICEVERSA	MIDIBUS	33.500	6:00-21:30	8	7	6	212	60%		889
20	49 PCH C	ABETOS - EL PALMAR - REVOLUCIÓN – CENTRO Y VICEVERSA (RAMAL)	VAGONETAS	32.900	6:10-21:30	5	17	9	282	65%	3,116	
21	50 PCH C	SAN CAYETANO – STA. JULIA – REVOLUCIÓN CENTRO Y VICEVERSA (FFCC CENTRAL RAMAL EX HACIENDA EL PALMAR LA LOMA)	VAGONETAS	22.600	6:00-22:00	3	16	8	170	60%	1,627	
22	51 PCH C	CAMELINAS - EL TEZONTLE - SAN CAYETANO – STA. JULIA – REVOLUCIÓN – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	21.200	6:00-21:30	7	15	8	179	75%	2,015	
23	60 PCH C	LOS GURRIONES - SAN ANTONIO – VENTA PRIETA – PERIODISTAS - CENTRO (LORETO) Y VICEVERSA	VAGONETAS	30.500	5:20-22:00	120	10	8	229	75%	1,716	
24	62 PCH C	MATILDE - SAN ANTONIO - VENTA PRIETA - PERIODISTAS – CENTRO Y VICEVERSA	MIDIBUS	31.500	6:00-21:00	9	5	8	243	70%		851
25	72 PCH C	SANTA GERTRUDIS - BLVD FELIPE ANGELES - CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	48.200	6:00-20:00	Ciclo	4	5	226	70%	634	
26	73 PCH C	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
27	76 PCH C	SAN CARLOS - CENTRO (VÍA BLVD. COLOSIO) – SAN JUAN PACHUCA Y VICEVERSA	VAGONETAS	26.800	6:00-21:00	12	4	9	241	60%	579	
28	81 PCH C	LA PALMA – VENTA PRIETA – PERIODISTAS CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	23.400	6:00-21:00	5	10	8	181	65%	1,173	
29	82 PCH C	SANTA MATILDE – LINDAVISTA - SAN ANTONIO – CENTRO Y VICEVERSA	VAGONETAS	39.500	5:20-22:14	7	15	6	237	70%	2,489	
30	84 PCH C	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA	NO OPERA
31	85 PCH C	BOSQUES DE SANTA MATILDE – REAL TOLEDO – MINERAL DEL ORO – CENTRO	VAGONETAS	34.900	6:00-21:00	0	0	7	236	60%	0	
32	86 PCH C	BOSQUES DE SANTA MATILDE – ARRAYANES – LAS TORRES – CENTRO	VAGONETAS	33.700	6:00-21:00	0	0	7	227	70%	0	
33	87 PCH C	CENTRO - FRAC. NUEVO SAN ANTONIO – MATILDE - CENTRO	VAGONETAS	31.700	6:00-21:00	0	20	7	234	60%	2,809	
34	88 PCH C	FRAC. VALLE VERDE – CENTRO	VAGONETAS	33.300	6:00-21:00	0	11	6	200	0%	0	
35	89 PCH C	FRAC. LAS TUZAS – CENTRO	VAGONETAS	34.500	6:00-21:00	0	0	6	207	65%	0	
						Total	**393**	**255**		**62%**	**40,401**	**6,938**

Tabla 14 Estimación Costo Operativo Optimizado

Año		Costo Operativo Situacion Optimizada		
		Costo Operativo Vagoneta	Costo Operativo Midibus	Total Costo Operativo
		$21.68	$20.36	317
2012	0			
2013	1			
2014	2	875,824	141,265	322,417,130
2015	3	893,340	144,090	328,865,473
2016	4	893,340	144,090	328,865,473
2017	5	893,340	144,090	328,865,473
2018	6	893,340	144,090	328,865,473
2019	7	893,340	144,090	328,865,473
2020	8	893,340	144,090	328,865,473
2021	9	893,340	144,090	328,865,473
2022	10	893,340	144,090	328,865,473
2023	11	891,588	144,090	328,310,201
2024	12	891,588	143,808	328,220,639
2025	13	891,588	143,808	328,220,639
2026	14	891,588	143,808	328,220,639
2027	15	891,588	143,808	328,220,639
2028	16	891,588	143,808	328,220,639
2029	17	891,588	143,808	328,220,639
2030	18	889,837	143,808	327,665,366
2031	19	889,837	143,525	327,575,804
2032	20	888,961	143,525	327,298,168
2033	21	888,961	143,384	327,253,387
2034	22	888,085	143,384	326,975,751
2035	23	888,085	143,243	326,930,970
2036	24	888,085	143,243	326,930,970
2037	25	888,085	143,243	326,930,970
2038	26	888,085	143,243	326,930,970
2039	27	888,085	143,243	326,930,970
2040	28	888,085	143,243	326,930,970
2041	29	888,085	143,243	326,930,970
2042	30	875,824	143,243	323,044,065
		25,801,765	**4,164,494**	**9,499,304,276**

Fuente: Elaborado por Rehovot

Las acciones identificadas en el proceso de optimización, si bien contribuyen a incrementar la velocidad operativa del transporte público, estas medidas no solucionan la problemática registrada en la "Situación actual" de la troncal de movilidad "Centro-Téllez", ya que no crean las condiciones para incrementar la capacidad de transporte de pasajeros de la troncal ni abate los temas relacionados con los altos Costos Generalizados de Viaje del sistema en su conjunto. Asimismo, las medidas de optimización representan un incremento marginal en la velocidad actual del corredor.

Con base en los resultados del análisis de estas acciones se concluye que se requiere de la implantación de acciones que solucionen de manera integral la problemática registrada en la troncal "Centro-Téllez" 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 eficientar el modelo operativo de la troncal de transporte público, a fin de optimizar su modelo actual, caracterizado por altos Costos Generalizados de Viaje y mayores emisiones de gases efecto invernadero, causantes del Cambio Climático en el planeta tierra.

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

La implantación de un escenario optimizado traería como consecuencia un aumento marginal en la velocidad operativa de las 35 rutas de transporte convencional que componen la oferta de la troncal de movilidad "Centro-Téllez", ya que las implantaciones de medidas de mejora en prácticas operativas contribuirían a incrementar la velocidad operativa de 2.75 km/h mayor, en comparación con el escenario base de *Situación Actual*.

La implantación de ambas medidas de optimización en conjunto de rutas de la troncal "Centro-Téllez" pueden llegar a mejorar la velocidad de operación en un 20.4%.

Tabla 15 Velocidad de operación - Situación Actual y Optimizada

	Situación Actual	Situación optimizada
Velocidad de Operación Corredor "Centro-Téllez"	13.48 km/h	16.23 km/h

Fuente: elaborado Rehovot

e) Alternativas de solución

La situación actual –*sin proyecto*- identifica una serie de problemáticas fundamentales en la operación del transporte público de la troncal *"Centro-Téllez",* dentro de las cuales destaca: (i) Atomización de la oferta; (ii) sobreoferta de vehículos de transporte público; (iii) modelo de negocio ineficiente basado en un esquema de Hombre-Camión, (iv) congestionamiento de las vialidades; (v) reducción de velocidad crucero –*tanto para transporte motorizado privado como público*-; (vi) desvinculación del diseño de rutas con los requerimientos de movilidad de la demanda; (vii) oferta de transporte público con altos Costos Generalizados de Viaje; (viii) incapacidad de la oferta para adaptarse a los requerimientos de la demanda en horas valles y picos; (ix) diseño operacional con superposición de rutas en la zona centro de Pachuca; (x) la oferta registra características inseguras, incomodas y lentas; (xi) el modelo ineficiente de transporte público provoca un desplazamiento de la demanda hacia la adquisición de vehículos motorizados privados, lo cual incrementa el congestionamiento vial y la reducción de velocidades crucero; (xii) la ineficiencia

operativa de la oferta provoca un mayor grado de Gases Efecto invernadero –GEI- causantes del cambio climático, así como otras expresiones de contaminación, como partículas suspendidas y vertido de aceites y lubricantes sobre las vialidades.

La implementación de la "Situación Optimizada" permite únicamente alcanzar una reducción parcial de los costos operativos y un aumento marginal de la velocidad promedio del transporte público, pero estas acciones de optimización no son suficientes para resolver los diversos problemas identificados en la "*situación actual*" en materia de movilidad y altos costos generalizados de viaje identificados en la troncal *"Centro-Téllez"*. La insuficiencia de las "situaciones optimizadas" como estrategia para resolver la problemática vigente en la "situación actual" deriva en la realización de un análisis de "*alternativas de solución"*.

Alternativa de Solución Operativa: Carril confinado versus Operación con tráfico mixto**.**

El primer análisis de alternativas se vincula con la decisión operativa para la realización del proyecto de movilidad masiva, la cual considera como Alternativa A, la realización de un proyecto tronco-alimentador con un diseño operacional que incluya la segregación de carriles exclusivos para los buses de la troncal. Por otra parte, la Alternativa B, cosiste en realizar el mismo diseño operación, el cual incluye la restructuración de rutas, pero a diferencia de la alternativa anterior la operación se realiza sin un confinamiento de carriles, es decir, los buses operarían en tráfico mixto con los vehículos motorizados privados . Amabas alternativas fueron comparadas en un horizonte a 30 años mediante una estimación de Costo Anual Equivalente –*CAE*-.

A continuación se explican las premisas empleadas en el análisis de alternativas.

La operación de buses en carriles segregados permite alcanzar mayores velocidades con relación a un escenario con tráfico mixto. El mayor nivel de velocidad permite al sistema requerir un menor número de buses para alcanzar los objetivos de frecuencia. Para el caso de la troncal del Corredor 1. Centro-Téllez, los resultados de la modelación permiten concluir que la "Alternativa A" basada en carril confinado permite alcanzar hasta un 45% de mayor velocidad con relación a la Alternativa B, por lo tanto, los buses pueden operar a 29 km/h en comparación con 20 km/h bajo el escenario sin carriles confinados.

Escenario	Aumento de tempo de viaje	Flota Operacional*
Corredor segregado (escenario BRT)	0 (base de comparación)	41
Tráfico mixto (velocidad de encuestas de GPS - LOGIT)	**+45%**	**60**

La diferencia en velocidades entre ambas alternativas ocasionan una serie de impactos significativos en la evaluación socioeconómica del proyecto, los cuales se detallan a continuación:

Tamaño óptimo de la flota. Mientras la Alternativa A requiere adquirir 41 unidades de 12 metros para operar, la Alternativa B necesita 60 unidades para satisfacer el mismo nivel de demanda y frecuencia. Esta

diferencia en unidades repercute en la inversión inicial, la cual resulta mayor en la Alternativa B. La diferencia de inversión no solo se limita el inicio del proyecto, ya la flota prevé una renovación cada 8 años.

Costo operativo. La mayor flota de buses en la Alternativa B genera un mayor costo operativo, ya que los buses en ambas alternativas registran un total de 404 kilómetros diarios a un costo operativo por kilómetro de Mx 20.36.

Tiempo de recorrido. La Alternativa A registra una velocidad mayor al 45% con respecto a la Alternativa B, es decir 28 Km/h y 20 km/h respectivamente. De acuerdo a los resultados de la modelación de movilidad el recorrido promedio de los usuarios de transporte por viaje en la Zona Metropolitana de Pachuca es de 8.3 km, por lo tanto, mientras que la Alternativa A, el usuario promedio realiza el recorrido en 17.17 minutos, en la Alternativa B es de 24.9 minutos. El costo por hora se estimó en Mx 22.73 –*basado en el valor del Tiempo del Instituto Mexicano de Transporte*- y una demanda conservadora exclusiva de troncal de 62,832 pasajero.

Inversión. La Alternativa A incorpora en los primeros años del horizonte de evaluación la totalidad de costos de infraestructura, lo cual es equivalente a un monto de Mx 669.3 millones. Mientras que la Alternativa B, únicamente incluye las obras de infraestructura mínimas necesarias para operar incluso en condiciones de tráfico mixto como paraderos, programa de semaforización y patios de pernocta, los cuales ascienden a Mx 263.9 millones. La naturaleza de la Alternativa B que opera en condiciones de tráfico mixto le permite considerar un significativo menor nivel de requerimientos de inversión, la cual es equivalente a únicamente el 39% del nivel de costos de infraestructura en comparación con la Alternativa A.

Una vez incorporadas las premisas de análisis se procedió a realizar el análisis comparativo del Costo Anual Equivalente:

Tabla 16 Parámetros Costo Operativo para obtención del CAE

Costo Operativo		
	Carril Confinado	Sin Carril Confinado
Buses	41	60
Kms/dia	404	404
Kms/Flota	16,564	24,240
Costo	$ 20.36	$ 20.36
Costo Dia	$ 337,243	$ 493,526
Anual	$ 106,906,044	$ 156,447,869

Costo Adqusicion		
	Carril Confinado	Sin Carril Confinado
Buses	41	60
Precio Bus 12m	$ 2,500,000	$ 2,500,000
	$ 102,500,000	$ 150,000,000
Renovacion de Flota	8 años	8 años

Inversion

	Carril Confinado	Sin Carril Confinado *
Infraestructura	$ 669,364,244	$ 263,973,729

* La inversión sin carril incluye: paraderos, semaforización y pernocta

Costo por Tiempo

	promedio	Velocidad	Min	Hora	Costo Tiempo	Exclusiva	Costo día	Anual
Carril Confinado	8.3	29.00	17.17	22.73	$ 6.51	62,832	$ 408,825	$ 129,597,643
Sin Carril Confinado	8.3	20.00	24.90	22.73	$ 9.43	62,832	$ 592,797	$ 187,916,583

Valor Tiempo Motivo de Trabajo (SHP)

SHP 2011= 27.46

FIP *Factor de ajuste del ingreso promedio de la población=*
SMGP *Salario mínimo general promedio=*
HTP *Promedio de las horas trabajadas por semana=*

Valor Tiempo Motivo de Places (VTpp)

VTpp 2011 = 16.47

H *Ingreso horario familiar =2*FIP*SMH=*
SMH *Salario mínimo por hora (en pesos)=* SMGP/PHTD =
PHTD *Promedio de horas trabajadas diarias = HTP/7 =*
FIP *Factor de ajuste del ingreso promedio de la población=*
SMGP *Salario mínimo general promedio=*
HTP *Promedio de las horas trabajadas por semana=*

Estimación del Valor del Tiempo

Total Viajes Motivo de Trabajo	57%	$15.65
Total Viajes Motivo de Placer	43%	$7.08
Costo Hora Total Viajes	**100%**	**$22.73**

Fuente: Elaborado por Rehovot

Tabla 17 Costo Anual Equivalente Alternativa A con Carril Confinado

COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

CON CARRIL CONFINADO

AÑO	COSTOS TOTALES DEL AÑO			TOTAL	VPC	CAE
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	COSTO TIEMPO			
0	102.500			102.500	102.50	
1	669.364			669.364	597.65	
2		106.906	129.598	106.906	85.22	
3		106.906	129.598	106.906	76.09	
4		106.906	129.598	106.906	67.94	
5		106.906	129.598	106.906	60.66	
6		106.906	129.598	106.906	54.16	
7		106.906	129.598	106.906	48.36	
8	102.500	106.906	129.598	209.406	84.58	
9		106.906	129.598	106.906	38.55	
10		106.906	129.598	106.906	34.42	
11		106.906	129.598	106.906	30.73	
12		106.906	129.598	106.906	27.44	
13		106.906	129.598	106.906	24.50	
14		106.906	129.598	106.906	21.88	
15		106.906	129.598	106.906	19.53	
16	102.500	106.906	129.598	209.406	34.16	
17		106.906	129.598	106.906	15.57	
18		106.906	129.598	106.906	13.90	
19		106.906	129.598	106.906	12.41	
20		106.906	129.598	106.906	11.08	
21		106.906	129.598	106.906	9.90	
22		106.906	129.598	106.906	8.83	
23		106.906	129.598	106.906	7.89	
24	102.500	106.906	129.598	209.406	13.80	
25		106.906	129.598	106.906	6.29	
26		106.906	129.598	106.906	5.61	
27		106.906	129.598	106.906	5.01	
28		106.906	129.598	106.906	4.48	
29		106.906	129.598	106.906	4.00	
30		106.906	129.598	106.906	3.57	
Cantidades en MDP - sin impuestos				**4179.640**	**1530.71**	**183.69**

Fuente: Elaborado por Rehovot

Tabla 18 Costo Anual Equivalente Alternativa B Sin Carril Confinado

COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)						
SIN CARRIL CONFINADO						
AÑO	COSTOS TOTALES DEL AÑO			TOTAL	VPC	CAE
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	COSTO TIEMPO			
0	150.000			150.000	150.00	
1	263.974			263.974	235.69	
2		156.448	187.917	156.448	124.72	
3		156.448	187.917	156.448	111.36	
4		156.448	187.917	156.448	99.43	
5		156.448	187.917	156.448	88.77	
6		156.448	187.917	156.448	79.26	
7		156.448	187.917	156.448	70.77	
8	150.000	156.448	187.917	306.448	123.77	
9		156.448	187.917	156.448	56.42	
10		156.448	187.917	156.448	50.37	
11		156.448	187.917	156.448	44.98	
12		156.448	187.917	156.448	40.16	
13		156.448	187.917	156.448	35.85	
14		156.448	187.917	156.448	32.01	
15		156.448	187.917	156.448	28.58	
16	150.000	156.448	187.917	306.448	49.99	
17		156.448	187.917	156.448	22.79	
18		156.448	187.917	156.448	20.34	
19		156.448	187.917	156.448	18.16	
20		156.448	187.917	156.448	16.22	
21		156.448	187.917	156.448	14.48	
22		156.448	187.917	156.448	12.93	
23		156.448	187.917	156.448	11.54	
24	150.000	156.448	187.917	306.448	20.19	
25		156.448	187.917	156.448	9.20	
26		156.448	187.917	156.448	8.22	
27		156.448	187.917	156.448	7.34	
28		156.448	187.917	156.448	6.55	
29		156.448	187.917	156.448	5.85	
30		156.448	187.917	156.448	5.22	
Cantidades en MDP - sin impuestos				**5400.962**	**1601.15**	**192.14**

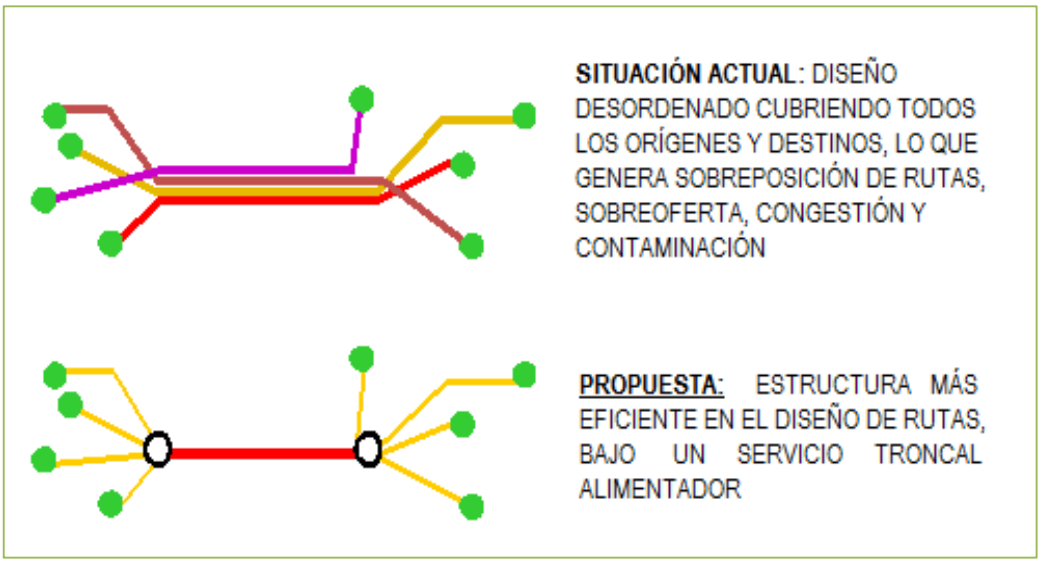
Fuente: Elaborado por Rehovot

A pesar que la Alternativa B registra menores costos de inversión inicial –*infraestructura*-, el impacto de la reducción de velocidad derivado del carril confinado genera una serie de beneficios para la sociedad como menor inversión en unidades de 12 metros, menores costos operativos, menor valor del tiempo necesarios para realizar los desplazamientos de movilidad. Como resultado al análisis comparativo del CAE se declina la "Alternativa B", ya que la "Alternativa A" basada en la segregación de carriles exclusivos y carriles de rebase resuelve de mejor manera la problemática expuesta en la sección anterior de "Situación Actual".

Alternativa de Solución Tecnología: BRT (Bus Rapid Transit) Bus 12 metros versus 18 metros.

Una vez descartada la alternativa de implementar un modelo operacional de transporte masivo basado en vías con tráfico mixto –*Compartido con transporte motorizado privado*-, el siguiente paso metodológico consistió en evaluar las alternativas tecnológicas de implementar buses 12 o 18 metros. Las alternativas de solución incluidas en esta sección se enfocan a incrementar la eficiencia operativa, reducir las emisiones de GEI, reducir los costos generalizados de viaje, incrementar la seguridad y comodidad mediante una sustitución de cambio modal de transporte. Bajo esta premisa, la intención es la de sustituir las 393 unidades que constituyen la oferta de la troncal por un modo de transporte masivo bajo la modalidad "*Tronco-Alimentador*". En el gráfico inferior se pretende explicar la transformación que tendría el modelo de transporte, el cual migraría de un modelo desordenado, con superposición de rutas por las mismas vialidades, caótico e ineficiente –*Situación actual e incluso optimizada*- hacia un modelo que logre eficientar la oferta de movilidad mediante un incremento en la seguridad, velocidad, así como en el incremento de los Índices de Pasajeros por Kilómetro -*IPK*-.

Ilustración 15 Situación actual



Fuente: Elaborado por Rehovot

Las alternativas de solución se vinculan con la selección del modo de transporte óptimo para la implementación de un modelo de transporte "*Tronco-Alimentador*".

La evidencia empírica de los sistemas *Bus Rapid Transit –BRT-*, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, indica que el modelo operativo presenta una serie de beneficios financieros para la totalidad de los actores involucrados, como gobierno, usuario y empresas privadas. El confinamiento de carriles exclusivos a los Bus Rapid Transit (BRT) permite obtener un incremento en la velocidad promedio del transporte público, 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 generalizados de viaje, en el largo plazo.

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, 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. Adicionalmente, 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.

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 con 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 modo de movilidad masiva genera 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.

Dentro del análisis de alternativas, para el caso del BRT, fueron consideradas dos opciones distintas: "*Alternativa A*", la cual se basa en la operación del sistema tronco-alimentador con buses articulados de 18 metros de longitud. Mientras que en la "*Alternativa B*" se consideró la utilización de buses de 12 metros. Para considerar la conveniencia entre ambas alternativas se procedió a realizar una evaluación comparativa de Costo Anual Equivalente –*CAE*-.

Análisis de Costo Anual Equivalente –CAE-.

A continuación se presenta un análisis comparativo mediante el uso de la metodología de Costo Anual Equivalente –*CAE*- entre la alternativa base –*empleo en la troncal de movilidad de buses de 18 metros o 12 metros*-. Ambos casos generan el mismo nivel de velocidad operativa y los costos operativos son marginalmente similares, por lo cual se procedió a realizar un comparativo entre los costos de capital, incluyendo la sustitución de los equipos al final de la vida útil correspondiente en un horizonte a 30 años.

CAE Alternativa A: Buses Troncales 18 m:

La primera alternativa tecnológica en la troncal de movilidad "Centro-Téllez" consiste en la utilización de buses de 18 metros, denominados como articulados. Para cumplir con el requerimiento de 150,397 pasajeros diarios y una demanda máxima en hora sentido de 5,000, el proceso de modelación arrojó la necesidad de una oferta de 41 unidades de 18 m, 46 unidades tipo vagoneta –Van- y 41 unidades de 8 metros. Los costos unitarios para cada uno de los modos de transporte son Mx 4.5 millones para el bus 18 m, Mx 500 mil para vagonetas y un millón de pesos para buses de 8 metros. El ciclo de vida para dichos equipos es de 11 años para buses articulados y 7 años para ambas opciones restantes.

Tabla 19 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa Buses Troncales 18 m

Flota operacional

	Número de Buses	Precio	Total
Buses troncales 18 m	22	6,000,000	132,000,000
Vagonetas	46	500,000	23,000,000
Alimentadoras 8 m	37	1,000,000	37,000,000
Total inversión		7,500,000	192,000,000

Reposición cada:

Buses troncales 18 m	11 años
Vagonetas	7 años
Alimentadoras 8 m	7 años

Fuente: Elaborado por Rehovot

Tabla 20 Costo Anual Equivalente Alternativa Buses Troncales 18 m

COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

Sistema Bus Rapid Transit - Buses 18 m

AÑO	COSTOS TOTALES DEL AÑO		TOTAL	VPC	CAE
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO			
0	192.000		192.000	192.00	
1		0.000	0.000	0.00	
2		0.000	0.000	0.00	
3		0.000	0.000	0.00	
4		0.000	0.000	0.00	
5		0.000	0.000	0.00	
6		0.000	0.000	0.00	
7	60.000	0.000	60.000	27.14	
8		0.000	0.000	0.00	
9		0.000	0.000	0.00	
10		0.000	0.000	0.00	
11	132.000	0.000	132.000	37.95	
12		0.000	0.000	0.00	
13		0.000	0.000	0.00	
14	60.000	0.000	60.000	12.28	
15		0.000	0.000	0.00	
16		0.000	0.000	0.00	
17		0.000	0.000	0.00	
18		0.000	0.000	0.00	
19		0.000	0.000	0.00	
20		0.000	0.000	0.00	
21	60.000	0.000	60.000	5.55	
22	132.000	0.000	132.000	10.91	
23		0.000	0.000	0.00	
24		0.000	0.000	0.00	
25		0.000	0.000	0.00	
26		0.000	0.000	0.00	
27		0.000	0.000	0.00	
28	60.000	0.000	60.000	2.51	
29		0.000	0.000	0.00	
30		0.000	0.000	0.00	
Cantidades en MDP - sin impuestos			**696.00**	**288.34**	**34.60**

Fuente: Elaborado por Rehovot

CAE Alternativa B: Buses Troncales 12 m:

La “Alternativa B” consiste en emplear buses de 12 metros para operar la troncal de movilidad “*Centro-Téllez*”. Al igual que la alternativa anterior, en este caso se procedió a realizar la valuación CAE incorporando los costos y la vida útil de los diversos modos de transporte. De acuerdo con los resultados de modelación de demanda, bajo este escenario es necesario incorporar 41 unidades de 12 metros para la troncal y 46 unidades de vagonetas aunados a 41 buses cortos de 8 metros, estos dos últimos para las alimentadoras.

Tabla 21 Parámetros para obtención de CAE en la alternativa Buses Troncales 12 m

Flota operacional

	Número de Buses	Precio	Total
Buses troncales 12 m	41	2,500,000	102,500,000
Vagonetas	46	500,000	23,000,000
Alimentadoras 8 m	37	1,000,000	37,000,000
Total inversión		4,000,000	162,500,000

Reposición cada:

Buses troncales 12 m	7 años
Vagonetas	7 años
Alimentadoras 8 m	7 años

Fuente: Elaborado por Rehovot

Tabla 22 Costo Anual Equivalente Alternativa Buses Troncales 12 m

COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)					
Sistema Bus Rapid Transit - Buses 12 m					
AÑO	COSTOS TOTALES DEL AÑO		TOTAL	VPC	CAE
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO			
0	162.500		162.500	162.50	
1		0.000	0.000	0.00	
2		0.000	0.000	0.00	
3		0.000	0.000	0.00	
4		0.000	0.000	0.00	
5		0.000	0.000	0.00	
6		0.000	0.000	0.00	
7	162.500	0.000	162.500	73.51	
8		0.000	0.000	0.00	
9		0.000	0.000	0.00	
10		0.000	0.000	0.00	
11		0.000	0.000	0.00	
12		0.000	0.000	0.00	
13		0.000	0.000	0.00	
14	162.500	0.000	162.500	33.25	
15		0.000	0.000	0.00	
16		0.000	0.000	0.00	
17		0.000	0.000	0.00	
18		0.000	0.000	0.00	
19		0.000	0.000	0.00	
20		0.000	0.000	0.00	
21	162.500	0.000	162.500	15.04	
22		0.000	0.000	0.00	
23		0.000	0.000	0.00	
24		0.000	0.000	0.00	
25		0.000	0.000	0.00	
26		0.000	0.000	0.00	
27		0.000	0.000	0.00	
28	169.000	0.000	169.000	7.08	
29		0.000	0.000	0.00	
30		0.000	0.000	0.00	
Cantidades en MDP - sin impuestos			**819.00**	**291.37**	**34.96**

Fuente: Elaborado por Rehovot

Si bien los resultados de ambas alternativas son muy similares –*incluso ligeramente inferior la Alternativa A*-, bajo igualdad de resultados, el proceso analítico determinó desechar la "Alternativa A", esto como resultado de las siguientes razones: (i) El intervalo en hora pico resulta mayor en la alternativa desechada; mientras que la opción de buses articulados registra 2 minutos 26 segundos, la alternativa seleccionada de buses de 12 metros registra 1 minuto 18 segundos, lo cual reduce los niveles de espera de los usuarios y

contribuye a reducir los Costos Generales de Viaje –*CGV*-. (ii) Si bien en el trayecto sur del derrotero por Blvd. Felipe Ángeles las vialidades registran un espacio suficiente para albergar a los buses de 18 metros, en la etapa de la zona centro las vialidades son más estrechas, lo cual dificulta la maniobrabilidad de las unidades; en caso contrario, las unidades de 12 metros resultan más versátiles para este tipo de infraestructura vial con características restringidas. (iii) Finalmente, las dimensiones de las unidades articuladas pueden llegar a contrastar visualmente con el tipo de edificios del entorno de la troncal, principalmente en el centro histórico, en el cual la gran mayoría de los inmuebles son inferiores a tres niveles.

Cabe señalar que las conclusiones de este análisis CAE son limitativas al caso específico de esta troncal en la Zona Metropolitana de Pachuca, por lo que no deben entenderse como un resultado analítico aplicable a otros contextos urbanos de movilidad. A pesar de que la alternativa de buses de 18 metros fue desechada, no se descarta la posibilidad que, si las necesidades de la demanda lo llegan a requerir en algún momento en el horizonte de evaluación, ambos tipos de unidades puedan a llegar a coexistir operativamente en la misma troncal.

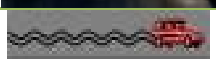
Alternativa de Solución Infraestructura: Carril confinado pavimentado asfalto versus concreto.

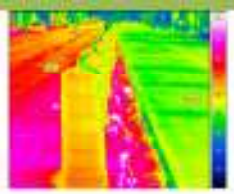
La alternativa de solución propuesta para la implantación del proyecto de pavimentación del tramo correspondiente al carril confinado del "Corredor 1: Centro-Téllez" consiste en evaluar la implementación del componente de pavimentación mediante ya sea el uso de asfalto o bien agregado de concreto. La evidencia empírica demuestra que si bien la alternativa de asfalto registra menores costos de instalación en comparación con el concreto hidráulico –*inferiores a un 10%-,* el costo de mantenimiento y conservación resulta significativamente mayor mediante esta alternativa.

A continuación se detalla un análisis comparativo entre ambas alternativas de pavimentación –*asfalto y concreto*-.

Tabla 23 Análisis comparativo de alternativas para solución de problemática actual

Parámetro	Concreto	Asfalto	Fotos	
			Concreto	Asfalto
Durabilidad	Mayor vida útil hasta 30 años	Menor vida útil ~5 años		
	Menor deformación y agrietamiento provocados por el calor y cargas extremas	Mayor deformación y agrietamiento		
	Diseño absorbe crecimiento futuros del parque vehicular	No absorbe crecimientos futuros		
Costo de ciclo de vida	Hasta ~60% menor	Mayor costo ~60%		
	Menor mantenimiento requerido	Mayor mantenimiento requerido		

Fluidez Vial	Menor frecuencia y número de reparaciones	Mayor frecuencia y número de reparaciones		
	Velocidades más constantes por menos baches	Velocidades menos constantes por más baches		
Iluminación	Mayor - El concreto refleja 5 veces más la luz que el asfalto reduciendo hasta un 37% el uso de luminarias	Reflejan menos luz, requiriendo más luminarias		
Seguridad	Mejor tracción: - Menor distancia para frenado - Brinda superficie antiderrapante Mayor visibilidad nocturna	Menor tracción y menor visibilidad nocturna	**Concreto mojado (96 m)**	 **Asfalto mojado con baches (134 m)**

Parámetro	Concreto	Asfalto	Fotos	
			Concreto	Asfalto
Temperatura Urbana	Reducción de temperatura de hasta 15° C - Menor absorción de calor que el asfalto - Mayor confort para usuarios de vialidades	Es el que más incrementa la temperatura urbana		
Imagen	Mejor imagen: Menor cantidad de baches Mejor apariencia física	Peor imagen Mayor cantidad de baches y peor apariencia física		
Sustentabilidad	- Menores emisiones, desde la fabricación hasta su deshecho, durante su ciclo de vida - Reflexión solar hasta 3 veces más que el asfalto, reduciendo emisiones de CO_2	Mayores emisiones en su ciclo de vida		
Productos a la medida	Se pueden ofrecer una alta variedad de tipos de concreto, de acuerdo a las necesidades del cliente	Escasa versatilidad		

Con base a las premisas de comparación técnica entre las alternativas de pavimentación de asfalto y concreto se desarrolló un análisis de *"Costo Anual Equivalente" –CAE-,* con la finalidad de comparar ambas alternativas de solución a lo largo de la vida del proyecto, así como los costos inherentes a cada una de las soluciones. Este análisis de presenta a continuación:

Alternativa 1. Pavimentación con Concreto.

A continuación se presentan los supuestos para esta alternativa:

La alternativa de pavimentación representa un costo de inversión para el carril exclusivo de Mx 98.2 millones, lo cual registra un costo de 10% mayor a la inversión requerida mediante la alternativa de asfalto. La Alternativa 1 registra a su vez menores costos de mantenimiento, con un programa de mantenimiento equivalente al 1% anual, así como un mantenimiento mayor al año 10 de operación, el cual es equivalente al 10% de la inversión inicial.

Tabla 24 Parámetros del Costo Anual Equivalente – Pavimentación con concreto

Inversión	$	98,200,000	
Inversión cada 10 años	$	9,820,000	10%
Mantenimiento	$	982,000	1% Anual

Tabla 25 Costo Anual Equivalente – Pavimentación con concreto

COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

	CONCRETO				
	COSTOS TOTALES DEL AÑO				
AÑO	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	TOTAL	VPC	CAE
0	98.200		98.200	98.20	
1		0.982	0.982	0.88	
2		0.982	0.982	0.78	
3		0.982	0.982	0.70	
4		0.982	0.982	0.62	
5		0.982	0.982	0.56	
6		0.982	0.982	0.50	
7		0.982	0.982	0.44	
8		0.982	0.982	0.40	
9		0.982	0.982	0.35	
10	9.820	0.982	10.802	3.48	
11		0.982	0.982	0.28	
12		0.982	0.982	0.25	
13		0.982	0.982	0.23	
14		0.982	0.982	0.20	
15		0.982	0.982	0.18	
16		0.982	0.982	0.16	
17		0.982	0.982	0.14	
18		0.982	0.982	0.13	
19		0.982	0.982	0.11	
20	9.820	0.982	10.802	1.12	
21		0.982	0.982	0.09	
22		0.982	0.982	0.08	
23		0.982	0.982	0.07	
24		0.982	0.982	0.06	
25		0.982	0.982	0.06	
26		0.982	0.982	0.05	
27		0.982	0.982	0.05	
28		0.982	0.982	0.04	
29		0.982	0.982	0.04	
30	9.820	0.982	10.802	0.36	
Cantidades en MDP - sin impuestos			**157.120**	**110.62**	**13.27**

Fuente: Elaborado por Rehovot

Alternativa 2. Pavimentación con Asfalto.

Los supuestos para la Alternativa 2 de pavimentación por medio de asfalto definen un costo total de inversión para el carril confinado de Mx 88.3 millones, lo cual representa un 10% inferior al monto de inversión requerido mediante el uso de concreto hidráulico. En esta alternativa los costos de mantenimiento se incrementan a niveles de 2.5% anual sobre la inversión y un 40% por concepto de re – encarpetamiento.

Tabla 26 Parámetros Costo Anual Equivalente – Pavimentación con asfalto

Inversión	$	88,380,000	
Inversión cada 10 años	$	35,352,000	40.0%
Mantenimiento	$	2,651,400	3.0% Anual

Tabla 27 Costo Anual Equivalente – Pavimentación con asfalto

COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

ASFALTO

AÑO	COSTOS TOTALES DEL AÑO		TOTAL	VPC	CAE
	INVERSIÓN	MANTENIMIENTO			
0	88.380		88.380	88.38	
1		2.651	2.651	2.37	
2		2.651	2.651	2.11	
3		2.651	2.651	1.89	
4		2.651	2.651	1.69	
5		2.651	2.651	1.50	
6		2.651	2.651	1.34	
7		2.651	2.651	1.20	
8		2.651	2.651	1.07	
9		2.651	2.651	0.96	
10	35.352	2.651	38.003	12.24	
11		2.651	2.651	0.76	
12		2.651	2.651	0.68	
13		2.651	2.651	0.61	
14		2.651	2.651	0.54	
15		2.651	2.651	0.48	
16		2.651	2.651	0.43	
17		2.651	2.651	0.39	
18		2.651	2.651	0.34	
19		2.651	2.651	0.31	
20	35.352	2.651	38.003	3.94	
21		2.651	2.651	0.25	
22		2.651	2.651	0.22	
23		2.651	2.651	0.20	
24		2.651	2.651	0.17	
25		2.651	2.651	0.16	
26		2.651	2.651	0.14	
27		2.651	2.651	0.12	
28		2.651	2.651	0.11	
29		2.651	2.651	0.10	
30	35.352	2.651	38.003	1.27	
Cantidades en MDP - sin impuestos			**273.978**	**125.96**	**15.12**

Fuente: Elaborado por Rehovot

Si bien el costo de inversión inicial de la alternativa basada en la utilización del asfalto resulta inferior en comparación al concreto en un 10%, la combinación de vida útil y menor costo de mantenimiento da como resultado que el CAE de la Alternativa A mediante el uso de concreto registre un índice inferior que el registrado mediante la alternativa B mediante el uso de asfalto a razón de 13.27 y 15.12 respectivamente. Los resultados de la evaluación técnica y del análisis de costos de ciclo de vida completo de ambas opciones a través del Costo Anual Equivalente permiten concluir que la Alternativa B queda descartada. Adicionalmente, la Zona Metropolitana de Pachuca registra índices pluviales por encima de la media nacional, el nivel de precipitación pluvial oscila entre 400 a 800 mm anual y registra un promedio es de 513 mm anuales, lo cual refuerza el argumento de emplear concreto hidráulico.

iv. Situación con el Programa o Proyecto de Inversión

a) Descripción general

El proyecto "Centro-Téllez Corredor 1" consiste en un sistema de movilidad urbana bajo modo de transporte tronco-alimentador Bus Rapid Transit –BRT-, el cual tiene por objeto reducir los costos generalizados de viaje, incrementar la calidad de vida de la población beneficiada, reducir las emisiones de partículas suspendidas y gases efecto invernadero provocadas por la excesiva concentración de vehículos y también por las reducidas velocidades e incrementar el nivel de competitividad de la Zona Metropolitana de Pachuca. La implementación del proyecto permitirá balancear la demanda con otras alternativas de vialidades, lo cual permitiría reducir la concentración y superposición de rutas en la zona centro, sin menoscabo de modificar los patrones de movilidad de los usuarios. El proyecto plantea un confinamiento de los carriles exclusivos para modo propuesto de transporte público, lo cual garantiza el incremento significativo de la velocidad crucero de los buses urbanos.

La reducción de los costos generalizados de viaje se pretende alcanzar mediante un incremento de la velocidad operativa mediante el uso de carriles confinados, una mayor eficiencia de los recorridos de la flota, un incremento así como también a través de una optimización del diseño operacional, cuyo resultado permitirá disminuir la dimensión de la oferta de unidades de transporte público de 393 camiones y vagonetas bajo el "Escenario Optimizado" a solo 128 unidades en el "Escenario con Proyecto". Para lograr estos objetivos operativos el proyecto requerirá la implementación de una serie de obras de infraestructura como carriles confinados, carriles de rebase, estaciones de transferencia, terminales, entre otros, los cuales se detallan en esta sección.

El diseño del proyecto incorpora la información resultante de los estudios de movilidad y demanda –*Descritos en la sección de "Situación Actual*"-, los cuales concluyen en el caudal de movilidad que está conformado por al menos 150.4 mil usuarios diarios, en ambos sentidos. El corredor tiene por objeto movilizar este nivel de demanda a través de 5 rutas troncales y 19 rutas alimentadoras.

El proyecto se ubica en el principal caudal de movilidad de la Zona Metropolitana de Pachuca, el cual representa el centro neurálgico de la movilidad de la zona urbana. La longitud total del servicio de la troncal "Corredor 1" registra 16.5 kilómetros y la red de la troncal se basa en un sistema tronco alimentador y su derrotero inicia en Téllez (Autopista México-Pachuca), el punto extremo sur del área metropolitana, y concluye en el punto denominado "Centro Histórico", a la altura del mercado.

El proyecto constituye la primera fase de lanzamiento de Plan Integral de Movilidad, el cual, en una primera etapa pretende formar la base del sistema de movilidad masiva de la ZMP, mediante la implementación del modelo tronco alimentador del proyecto "Centro-Téllez" –*Corredor 1*-, el cual se ubica en la principal caudal de movilidad de la zona urbana y corre en sentido norte. En una segunda etapa, el proyecto de movilidad incluye la incorporación de un mayor número de troncales, dentro de las cuales destaca "Blvd. Colosio" –*Corredor 2*- cuyo trazo corre en sentido poniente a oriente. El sistema troncal está acompañado de una profunda transformación de las rutas vigentes para convertirlas en rutas alimentadoras del sistema, de manera que se alcance una mayor eficiencia del sistema tronco-alimentador en su conjunto.

El "Corredor 1" puede considerarse como una solución integral a la problemática identificada en la "Situación Actual" de la Troncal de movilidad "Centro-Téllez", la cual está conformada por aquellas vialidades que conectan el sur de la ZMP -*entronque Autopista México-Pachuca*- con la Zona Centro como

Blvd. Felipe Ángeles, Av. Juárez. Pero, al mismo tiempo, este corredor puede considerarse como el primero de los componentes que en un futuro pueden llegar a consolidar el Sistema Integral de Movilidad de la ZMP.

Con base en la evidencia empírica nacional e internacional sobre los resultados de la implantación de modelos "Tronco-Alimentadores" de transporte masivo bajo modalidad BRT 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 ZMP. 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:

i. Incremento de la velocidad promedio de la Troncal "Centro-Téllez". El aprovechamiento del derecho de vía para el confinamiento de los carriles exclusivos permite incrementar las velocidades operativas de las unidades que se desplazarán por la troncal, 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. Reducción de los Costos Generalizados de Viaje. El diseño de la troncal del Corredor 1 registra una mayor eficiencia operativa en comparación con el actual modelo de "Hombre-Camión" que satisface actualmente el nivel de demanda de usuarios. Este esquema permite una transición de un sistema desarticulado y con menor sistematización provocado por los esquemas ineficientes de "Hombre-Camión" hacia un sistema eficiente, ordenado y el cual generalmente brinda un mejor servicio y menores Costos Generalizados de Viaje. 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 con una mejor calidad en el servicio-* permite que las unidades del BRT 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 y sistematización de la capacidad de transporte público, lo cual se traduce en un cambio modal, de manera que el conjunto de unidades de baja capacidad de transporte y caracterizadas por una reducida interacción operativa sean sustituidas por un número significativamente menor de unidades de mayor capacidad, bajo la modalidad de BRT, 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 vialidades, aumentando las velocidades de operación para las

rutas troncales y acondicionando el acceso a colonias y áreas urbanas populares circunvecinas a las vialidades que conforman la troncal de movilidad mediante rutas alimentadoras.

iv. Incremento de la calidad y seguridad del servicio. Los sistemas de BRT mantienen una vinculación entre la calidad del servicio y la seguridad operativa; esto lo demuestra la evidencia empírica tanto nacional como internacional, los cuales, por más de dos décadas de operación de este tipo de sistemas, han registrado una reducción de la siniestralidad en relación con la estructura operativa previa a la implantación de este tipo de sistemas.

v. Priorizar el transporte público de pasajeros en la Zona Metropolitana de Pachuca sin menoscabo del transporte motorizado privado. Si bien en la ZMP 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 y cómodo envía señales a la población para tender a reducir -e incluso revertir- la tasa de motorización de vehículos automotores privados.

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 sistemas de BRT, se basa en el incremento de Índice de Pasajeros por Kilómetro -*IPK*-, ya que éstos registran un mayor nivel de eficiencia operativa que las unidades de transporte motorizado público, además de una disminución de los Costos Generalizados de Viaje.

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 de un incremento tanto de la seguridad como en la calidad del servicio. Las 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 ineficiencias 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. 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 a un motor con mejores características ecológicas del transporte público como Euro IV o Euro V.

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 Pachuca.
- 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, frecuencia, 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 Metropolitana de Pachuca 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 ZMP.
- 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 Generalizados de Viaje –CGV- en los cuales incurre el transporte urbano por la falta de infraestructura y de un ordenamiento operacional.
- Elevar la eficiencia 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.
- Crear condiciones para reducir el crecimiento de transporte vehicular privado.

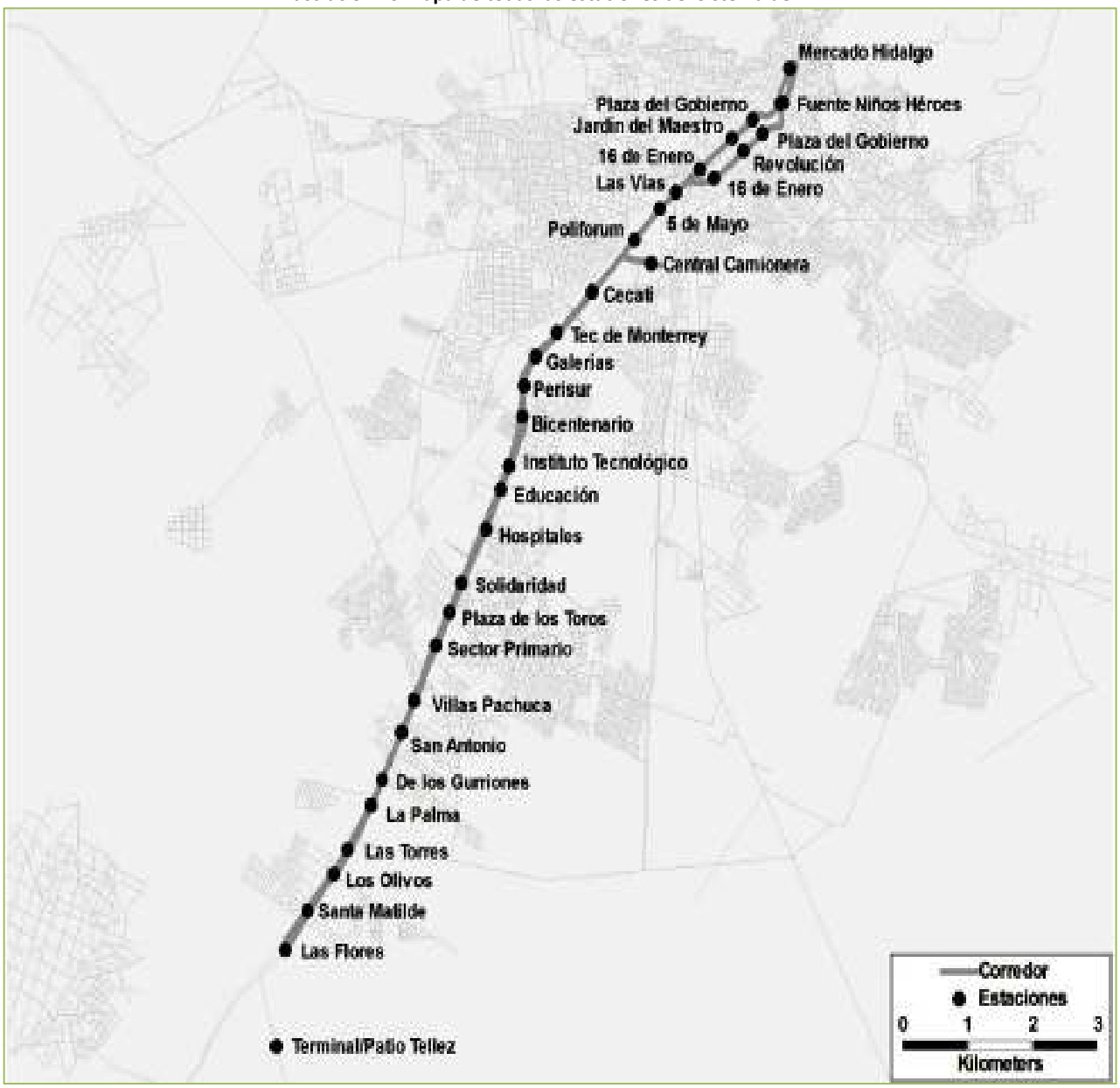
Resultados imagen urbana:

- Transformar el desarrollo urbano de la ZMP, 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

El proyecto conectará la movilidad de los municipios de Pachuca de Soto, Epazoyucan, Mineral del Norte, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Zapotlán de Juárez, Zempoala; así mismo, el modelo de movilidad está diseñado para interactuar con otros modos de transporte y tendrá una longitud total de 16.5 kilómetros en ambos sentidos; contará con 28 estaciones de abordaje, una estación de transferencia, -*Estación Central Camionera fuera del Corredor*- así como una Terminal/Patio sobre Av. Téllez Terminal, ubicada en el extremo sur del derrotero denominada Téllez, total 30 puntos de ascenso y descenso.

Ilustración 16 Mapa de todas las estaciones del Sistema de BRT.



Fuente: ITS Technology de México

Infraestructura

DISEÑO FUNCIONAL DEL CORREDOR

A continuación se detallan los componentes del proyecto:

- *Terminal Téllez, mantenimiento y pernocta.*
- *16.5 kilómetros de carriles confinados.*
- *Carriles de rebase para servicio Exprés.*
- *Carriles exclusivos con dimensiones de 3.4 m de cada carril.*
- *29 paradores, cuya dimensión se determinará con base en los aforos seccionales para medir los requerimientos de demanda.*
- *34 buses 12 metros para troncal.*
- *104 buses y vagonetas de alimentación.*

CORREDOR. El "*corredor 1: Centro-Téllez*" se integra por un total de 16.5 kilómetros de carriles confinados. Para la circulación de los buses Articulados son segregados del tráfico general –*carriles confinados*- y con prioridad de circulación en las intersecciones mediante semaforización, lo cual permite alcanzar mayores velocidades crucero que el transporte colectivo convencional e incluso que las velocidades alcanzadas por el mismo transporte motorizado privado. Los carriles confinados requieren un ancho de 3.4 metros así como un reforzamiento de 25 cm. de carpeta de concreto –*el grosor estándar para tráfico normal es de 14 cm.*- para soportar el peso de las unidades articuladas, el cual es superior hasta por 10 toneladas por eje; en caso de no aplicar el reforzamiento de la carpeta de concreto, la vialidad puede sufrir graves averías en perjuicio de la operación del sistema. En el caso del proyecto de Pachuca, en un inicio, los buses utilizados serán de 12 metros; sin embargo, se pretende dotar al proyecto de una infraestructura suficiente para el caso que en el horizonte de evaluación se incluyan buses articulados con 18 metros de longitud. Adicionalmente, después de años de servicio, la superficie del pavimento bituminoso se ha deteriorado tanto que difícilmente puede utilizarse como una base para el pavimento de concreto hidráulico. El diseño del Corredor incorpora las diferentes características o diversos comportamientos del Sistema de Transporte Público, el cual debe de integrarse a la actual infraestructura y geometría, así como también a los proyectos que estén contemplados en esta área.

A continuación se detalla los tres tramos que integran el derrotero del corredor confinado.

Tramo 1 del Corredor.

Por tratarse de una zona urbana histórica de alta densidad hay restricciones de espacio para la implantación de los carriles exclusivos y estaciones. El Corredor empieza al Norte del punto de referencia del Reloj y continua por las calles Allende e Independencia/Matamoros, llegando en la Plaza Niños Héroes. Pasando este punto, el Corredor está dividido entre dos calles, Av. Juárez y Av. Revolución. Cada estación cuenta con un carril de rebase, lo que será esencial para la operación del sistema.

Tramo 2 del Corredor.

El segundo tramo, "Tramo 2," es la porción central del Corredor de BR. Se extiende dese la Glorieta Insurgentes hasta la Plaza Bicentenario y cruza la intersección más grande de la ciudad, Av. Colosio.

Tramo 3 del Corredor

El último extremo del Corredor se extiende desde la Plaza Bicentenario hasta la Carretera a Tellez.

Este tramo final tiene las características de una carretera, con desarrollo desparramado a los costados, sin semáforos y con tráfico de muy alta velocidad. Las construcciones en esta zona son muy desconectadas de los microcentros urbanos, pero la zona presenta las tazas de crecimiento más altas de la zona metropolitana. Dado las características del Corredor en esta zona, se recomienda que estas estaciones tengan acceso a través de un puente peatonal por estación.

Para el diseño del corredor se realizó un Levantamiento Topográfico en el cual se obtuvo la información de curvas de nivel, secciones de las vialidades y los diferentes componentes de mobiliario y señalamiento que se encuentran en la troncal.

PARADORES. El *"Corredor 1 de Centro-Téllez"* registra 29 paraderos centrales y dos paraderos laterales, los cuales, de acuerdo a sus requerimientos geométricos, se clasifican de acuerdo a los dos distintos tipos, de los que a continuación se explican sus respectivas características:

Parador tipo A: Los paradores se plantean en los casos en que el derrotero del *"Corredor 1"* se ubica al mismo nivel de las vialidades que conforman la troncal, en aquellas vialidades de un solo sentido. En estos casos se propone un señalamiento horizontal de cruce, con sistema semaforizado.

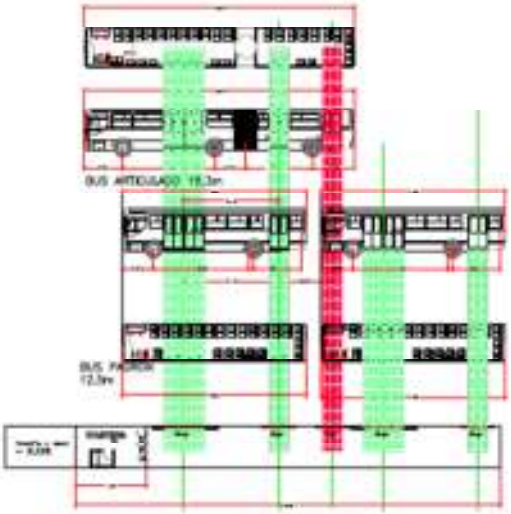
Parador tipo B. Este tipo de parador se encuentra localizado de igual manera sobre un área exclusiva de la vialidad; esta opción se ubica sobre el camellón central de la vialidad; esto se realiza mediante la creación de carriles exclusivos en la sección del camellón de la vialidad, los cuales se integran dentro de éste al paradero. El cruce de los usuarios se realiza mediante una señalización horizontal, al igual que la alternativa anterior.

Ilustración 17 Modelo de Estaciones

Tipos de Estaciones

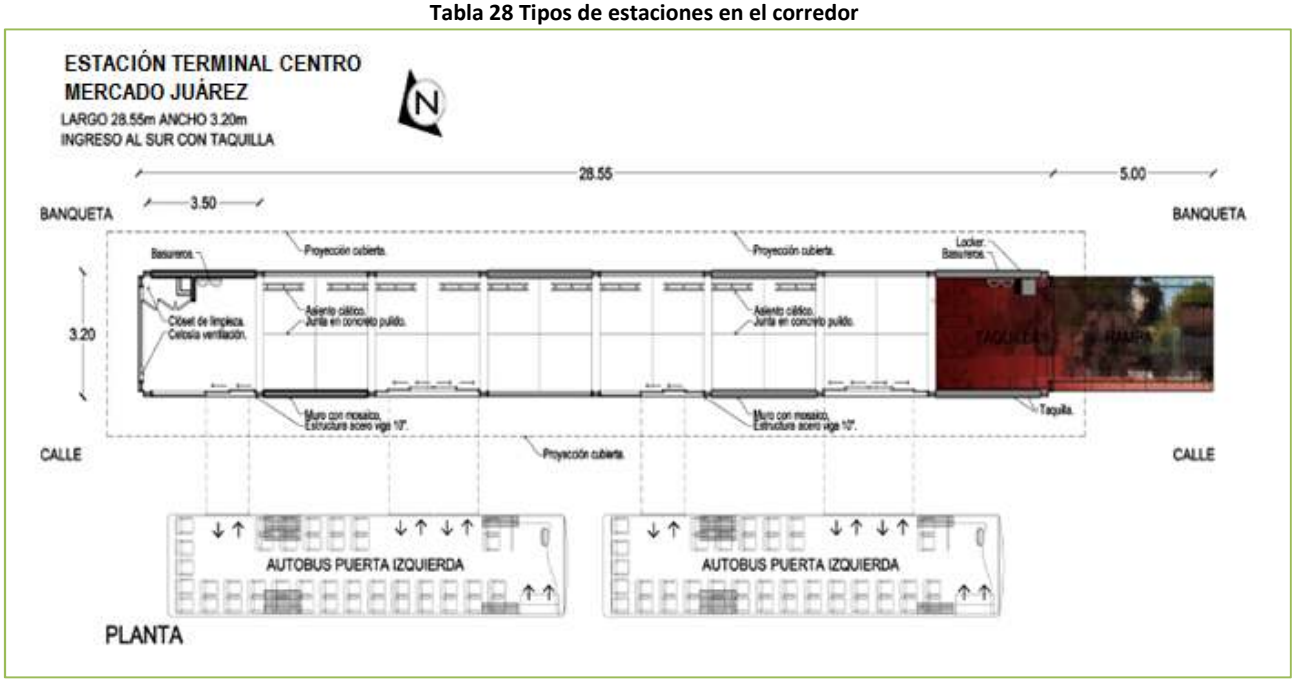
Estación Tipo 1

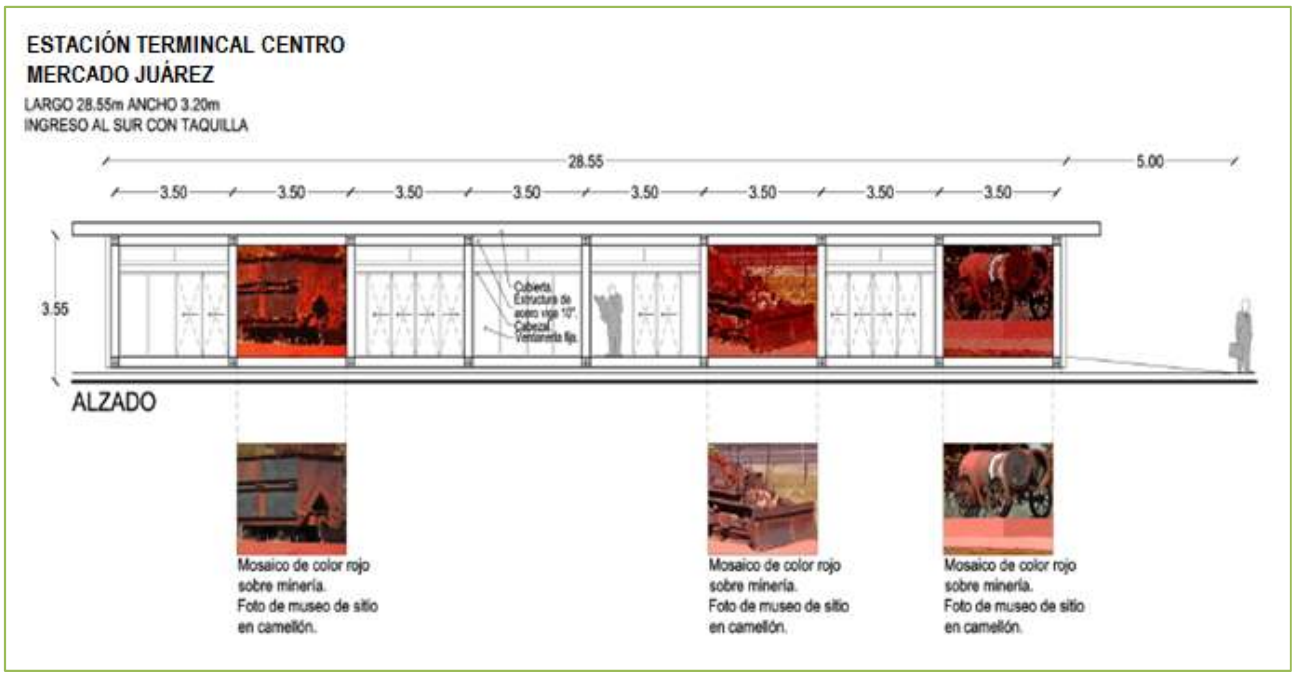
Estación Tipo 2



Fuente: ITS Technology de México

Tabla 28 Tipos de estaciones en el corredor





Fuente: ITS Technology de México

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

TERMINAL. La terminal Téllez se ubica en el extremo sur de la troncal. Este sitio comprende todas las instalaciones necesarias para la transferencia de pasajeros entre las líneas alimentadoras y el sistema troncal de buses Articulados. Adicionalmente, la terminal funge como estaciones de servicio preventivo, taller de reparación y el almacenaje de las unidades del sistema BRT, estaciones de combustible, centros de capacitación, oficinas administrativas y control, entre otros. Estos inmuebles cuentan con espacio para estacionamiento; área de acceso, espera, primeros auxilios, carga y salida de taxis; ventanilla de boletos, puesto de periódicos, casetas de teléfonos, tiendas de conveniencia y cafetería. Las estaciones de correspondencia (conmutadoras) deben proporcionar la mayor parte de las instalaciones de las terminales, excepto las cafeterías y tiendas de conveniencia, que dependen de la ubicación, del volumen de pasajeros y de la demanda.

El diseño presenta un acceso para el sistema articulado (BRT) sobre la vialidad principal, así como un acceso para las rutas alimentadoras en las calles secundarias, las cuales se integran en la terminal. Cuenta con una superficie de 4.5 ha.

Una de las características principales de la Terminal “Téllez” consiste en que toda la circulación peatonal en ningún momento se ve afectada por la circulación vehicular, debido a que los pasillos están bien definidos y son en niveles inferiores, con la seguridad y la iluminación adecuada creando áreas de confort. También cuenta con un área de encierro para pernocta de buses y de talleres.

La terminal "Téllez" tiene una multifuncionalidad en la cual se concentran los puntos neurálgicos tanto de la operación como de la eficiencia del sistema, ya que en sus instalaciones se realizan las siguientes acciones operativas:

- *Resguardo de Unidades Articuladas*-. La terminal funge como albergue nocturno de las unidades articuladas; bajo el escenario de no contar con este recinto, el sistema tendría que identificar algún sitio para el resguardo. La ubicación de esta terminal en un lugar alterno –en un espacio fuera del derrotero de la troncal- implicaría un aumento en los costos operativos, como (i) incremento de la póliza del seguro, ya que se tendrían que desplazar diariamente fuera del carril confinado, lo que supone un mayor riesgo operativo, sin que este proceso conlleve a un aumento de ingresos, ya que este tipo de traslados se realizan sin pasaje; (ii) el empleo de un sitio alterno supone un costo diario por pensión, el cual tendría que proyectarse a un horizonte de 30 años; (iii) adicionalmente, en el caso que el resguardo nocturno no estuviese ubicado en la misma terminal, se tendría que incluir costo en kilómetros diarios necesarios para llegar al sitio alternativo; el costo operativo por kilómetros, el cual se tendría que multiplicar por la distancia del derrotero a la terminal por el número de unidades articuladas; evidentemente, este desplazamiento no generaría ningún ingreso por pasaje como resultado de esos trayectos. Finalmente, en el área de resguardo de la terminal se concentran otros servicios, como limpieza de las unidades y recarga de combustible, por lo cual, si el resguardo se realizara fuera de terminal, estos costos sufrirían un consecuente incremento. En el caso del BRT de la ciudad de Lima, Perú, la terminal se construyó 7 km alejada de la troncal, lo cual representa una presión en la tarifa cobrada al servicio por el incremento en costo operativos, por lo que se pretende que esta situación no suceda en el caso de Pachuca.

- Taller de mantenimiento. El proyecto de la terminal incluye un espacio destinado al taller de las unidades articuladas y alimentadoras. El primer objetivo del taller en las terminales consiste en brindar mantenimiento cotidiano y preventivo a las unidades; en caso que este proceso no se lleve a cabo implicaría un aumento de costos, ya que las unidades no alcanzarían la vida útil proyectada, lo cual presionaría un aumento en la tarifa y, por ende, una reducción potencial de usuarios por la sensibilidad de la tarifa. Adicionalmente, el mantenimiento preventivo permite reducir los niveles de consumo de aceites y combustibles, lo cual genera una reducción de los costos operativos y, por ende, una menor presión sobre la tarifa pagada por el usuario por el servicio. El mantenimiento preventivo se realiza de manera programada según se alternen los paros de las unidades por la baja de demanda durante los horarios valle, esto de manera diaria. El mantenimiento preventivo difícilmente podría realizarse en instalaciones fuera de la terminal, ya que es un proceso cotidiano mezclado con los tiempos muertos de las unidades y la ausencia de este proceso implicaría la posibilidad de contar con una menor vida útil de la unidad, así como un aumento en el costo operativo con perjuicio para el costo de la tarifa.

  El taller a su vez incluye todas las reparaciones mayores requeridas por las unidades tanto de la troncal como de las alimentadoras. La ausencia de este procedimiento dentro de las instalaciones de la terminal implicaría un pago extra por este servicio a un tercer proveedor, así como la acumulación de kilómetros operativos para trasladar las unidades a un taller fuera de los carriles confinados y patios de maniobras.

- Estación de Transferencia. La terminal funge también como una estación de transferencia entre los pasajeros que transitan de las unidades alimentadoras y las unidades articuladas y viceversa. El hecho de no contar con este tipo de infraestructura implicaría que las transferencias se realizaran

en la vía pública, lo cual, además de generar una situación caótica para el tráfico automotriz y peatonal, resultaría peligroso para los usuarios.

- Oficinas y estación de servicio. La terminal incluye las instalaciones de las oficinas de la empresa operadora del sistema. Idealmente, el centro de control administrativo de la empresa operadora debe ubicarse en el centro neurálgico de la operación del sistema, ya que, de lo contrario, las oficinas tendrían que ubicarse en un sitio distinto al escenario en el cual se realiza la operación cotidiana del sistema de transporte.

  La terminal alberga a su vez una serie de servicios necesarios para operadores, como enfermería de primeros auxilios, servicios sanitarios, área de vestidores, áreas descanso, centros de capacitación, control de personal, entre otros, los cuales resultan fundamentales para una operación óptima del sistema de transporte. Adicionalmente, en el diseño de la terminal se incluyen diversos servicios orientados hacia los usurarios, como módulos de información, sistemas de medios de pagos, servicios sanitarios, entre otros.

- Estacionamientos. La terminal incluye un área de estacionamientos públicos –*Park & Ride*- orientada a desincentivar a las personas provenientes de los extremos de la ZMP a utilizar sus vehículos automotores privados para trasladarse hacia el centro de la ciudad o la Zona del Centro Histórico.

RETORNOS. Para el funcionamiento del diseño operacional planeado en el modelo de BRT-Pachuca será necesaria la Implantación de varios retornos operacionales, los cuales permitan a los servicios troncales servir solamente las estaciones con demanda alta y retornarse antes de haber llegado al fin del Corredor. Como consecuencia, el proyecto registra los siguientes tres retornos:

- Retorno Norte-Sur, Centro de Pachuca
- Retorno Sur-Norte, Sector Primario
- Retorno Sur-Norte, Santa Matilde

Retorno Norte-Sur, Centro de Pachuca

Este retorno permite que los servicios expresos concentren una mayor frecuencia en los puntos sobre la troncal en los cuales se identifica la mayor proporción de la demanda en el Centro de Pachuca, sin que la totalidad de las unidades requieran entrar a la Zona del Centro Histórico, el cual registra los mayores índices de congestionamiento de la ciudad. Este retorno se ubica en la parte de atrás de la Plaza del Gobierno en la Calle Belisario Domínguez.

Ilustración 18 Retorno Centro de Pachuca (curva azul).

Fuente: ITS Technology de México

Retorno Sur-Norte, Villas de Pachuca

Este retorno permite la operación de servicios cortos, en los cuales puede llegar a utilizarse la Estación Villas de Pachuca como la última estación de servicio de la troncal. Si bien, el diseño operacional no contempla servicios que utilicen este retorno durante operaciones típicas, el retorno será importante para casos de emergencia, partidos o eventos en el estadio, así como eventos especiales.

Ilustración 19 Retorno Villas de Pachuca (curva azul).

Fuente: ITS Technology de México

Retorno Sur-Norte, Santa Matilde

Este retorno permite la operación de servicios cortos, en los cuales la última estación servida sería la Estación Santa Matilde. Aunque este retorno esté ubicado cerca del fin del Corredor, será muy importante para evitar un exceso de kilómetros muertos que resultarían si la totalidad de la operación fuese llevada al patio ubicado en Téllez.

Ilustración 20 Retorno Santa Matilde (curva azul).

Fuente: ITS Technology de México

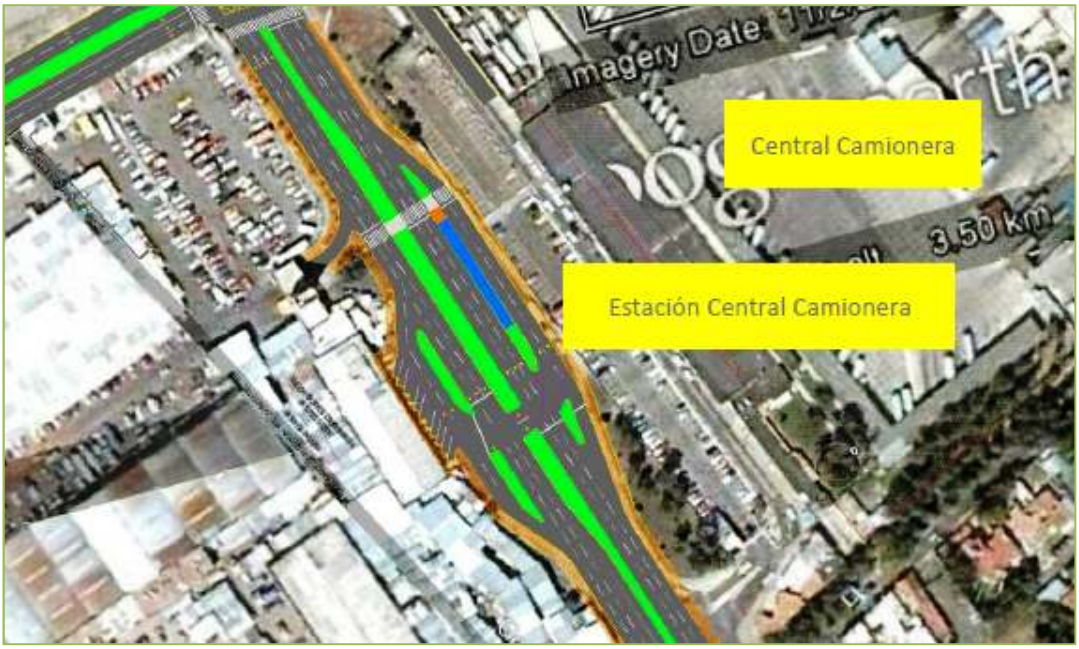
Retorno para Eventos Especiales en Zona Estadio

Este retorno permitirá tanto el ingreso como desfogue eficiente de los usuarios que asistan a eventos especiales en la zona del Estadio.

ESTACIONES ESPECIALES. El proyecto contempla la implantación de la *Estación Central Camionera.* En adición a la Terminal Téllez, el proyecto propone la construcción de la Estación Central Camionera. Esta estación permitirá la operación de un servicio troncal especial que ofrecería servicio directo a la Central Camionera.

El concepto operacional consiste en el desarrollo de un servicio con origen en el Corredor y con destino hasta la Central Camionera, con tráfico mixto, y continua. La estación tendría una dirección (un lado con puertas) y todas las personas con origen/destino en la troncal usarían la misma plataforma.

Ilustración 21 Estación Central Camionera



Fuente: ITS Technology de México

ESTACIONAMIENTO NORTE. En adición al patio descrito en la Terminal Téllez será necesaria la adecuación de un espacio físico destinado para el estacionamiento y descanso de los operadores en el extremo norte del Corredor. En principio se tiene considerado el estacionamiento actual ubicado en la parte posterior de la Plaza del Gobierno y sobre Belisario Domínguez para uso del Sistema del BRT como un estacionamiento (resguardo de vehículos durante la noche) y un lugar de descanso para los operadores después de sus periodos de operación intensiva.

Este lugar prevé contar con infraestructura básica para el uso de los operadores, tales como sanitarios y salas de descanso, así como un área básica para oficinas administrativas. No será necesario tener una estación de combustible en este punto, pero la programación vehicular (hecho por la empresa operadora) deberá contemplar la necesidad de un retorno diario al patio para revisión de ítems de mantenimiento y el recargo de combustible, esta medida permitirá evitar la duplicidad de inversiones en equipamiento en talleres.

Ilustración 22 Ubicación del estacionamiento/lugar de descanso en el Centro de Pachuca

Fuente: ITS Technology de México

COMUNICACIONES. Este componente de infraestructura incluye los Sistemas de Circuito Cerrado y Red de Comunicación**.** La seguridad y precaución son los dos mayores atributos de un sistema de transporte masivo. La precaución puede definirse como el nivel de posibilidad de experimentar riesgos por los empleados o usuarios del sistema de transporte. Seguridad, por su parte, se define como la prevención del peligro intencional o criminal que pueden experimentar los usuarios o el personal del sistema. Estos sistemas están encaminados a los siguientes objetivos: Reducir las tasas de accidentes, mejorar la percepción pública de precaución y seguridad e incrementar el número de usuarios, superar la administración de riesgos y reducir el costo de las primas de los seguros, los honorarios legales y las investigaciones y reducir los costos de mantenimiento asociados con los daños por el vandalismo.

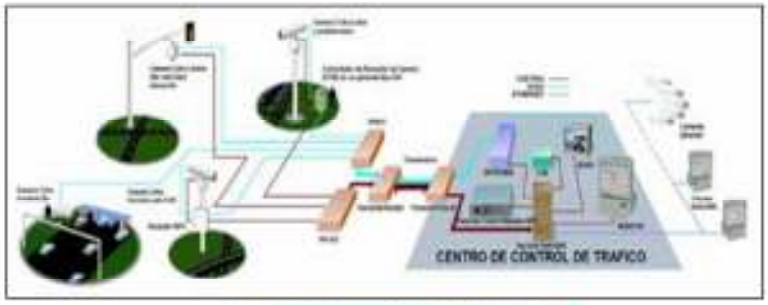
La telefonía directa y automática debe ser en un sistema IP PBX (PABX- Internet Protocol Private Branch Exchange). El sistema PABX deberá ser diseñado considerando una operación continua (las 24hrs los 365 días del año), con una capacidad de un mínimo de 1,000 conexiones telefónicas y una capacidad de expansión a 3,000 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.

ADMINISTRACION DEL SISTEMA

GESTION DE INFORMACION Y
COORDINACION PARA LOS OPERADORES

CONTROL DE ACCESO

Control al tráfico



INFORMACION EN
ESTACIONES

Las redes 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, 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.

OBRAS INDUCIDAS E INDIRECTAS. Reubicación de líneas de alta tensión, restablecimiento y continuidad de redes de agua, alcantarillado, movimientos de líneas de alta tensión, movimientos de colectores y drenajes.

MATERIAL RODANTE. El tema relativo al componente del material rodante se incluye en la sección de oferta en "Escenario con Proyecto".

b) Alineación estratégica

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 de BRT tronco-alimentador.

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

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.

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 aquéllos 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.

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 necesita 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.

Meta 32 -M32- del Programa Especial de Cambio Climático establece lo siguiente: Incrementar del 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 Estatal del Gobierno del Estado de Hidalgo 2011- 2016, ya que establece como prioridad la movilidad urbana y lo vincula con los siguientes puntos específicos:

EJE 3. DESARROLLO ORDENADO Y SUSTENTABLE

3.1 Medio ambiente, ordenamiento territorial y desarrollo urbano.
3.2 Desarrollo metropolitano.
3.4 Infraestructura de Comunicaciones.

REFERENCIAS CONTEXTUALES

Medio ambiente

Por otra parte, la concentración industrial y de tránsito vehicular en algunas ciudades pone en riesgo su viabilidad desde el punto de vista ambiental, a pesar de que a la vez constituyan polos de desarrollo económico y social en el estado. Cada año se producen 1 millón 170 toneladas de emisiones contaminantes al aire, originadas en procesos de combustión, el 89% en fuentes fijas (actividades industriales) y el resto en fuentes móviles (10% en vehículos automotores con consumo de gasolina y 0.75% con consumo de diesel). Las emisiones totales de contaminantes al aire, suelo y drenaje de la industria ascienden a 892,532 toneladas al año, en tanto que más de una cuarta parte de la población (30%) se transporta en vehículo automotor particular, el medio menos sustentable de transporte.

Desarrollo metropolitano

El reconocimiento de estas zonas metropolitanas nos trae como consecuencia la problemática ya mencionada en el tema del desarrollo urbano, además de la que se genera en el ámbito de los servicios, infraestructura, equipamiento, transporte y otros temas que involucran a más de un municipio, con la consecuente atención para su población residente. En este sentido, no se trata de actuar sobre conurbaciones a partir del esquema de competencias concurrentes, sino de crear bases para orientar el desarrollo de redes heterogéneas de ciudades que interactúan entre sí sobre territorio de varios municipios y de cuya interacción depende, en gran medida, el desarrollo urbano, la competitividad económica, los equilibrios ambientales y el bienestar de la población de cada ciudad y zona metropolitana. El ejercicio de los recursos en obras de carácter e impacto metropolitano debe ser supervisado muy a detalle, el presupuesto que cada municipio destine debe ser focalizado a satisfacer las necesidades de la población o los requerimientos del desarrollo económico y social con impacto más allá de su respectivo territorio municipal y con el afán de contribuir al desarrollo metropolitano.

Comunicaciones

Buscando responder a los retos que impone la economía global de los mercados y propiciar el desarrollo sostenido y sustentable del estado y sus municipios, para la presente administración es de fundamental importancia implementar las acciones y obras para fortalecer la infraestructura de comunicaciones con que se cuenta actualmente, especialmente aquélla que permita una adecuada comunicación transversal y que impulse la conectividad, adecuadas vialidades y un transporte público eficiente para potenciar el desarrollo urbano y metropolitano.

3.1 MEDIO AMBIENTE, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Garantizar un desarrollo sustentable, desarrollar proyectos tecnológicamente apropiados, económicamente viables y socialmente aceptables, que conserven la tierra, el agua, los recursos genéticos de los reinos animal y vegetal y no degraden el medio ambiente; optimizar el manejo de los recursos hídricos e implementar programas de acercamiento, educación y capacitación, tendientes al conocimiento de su entorno, a fin de que el aprovechamiento de los recursos sea sustentable y se maneje con criterios de protección; así como atender de manera eficiente y oportuna las necesidades concernientes al ordenamiento territorial adecuado y revisar la suficiencia o carencia de normatividad en materia del medio ambiente, ordenamiento territorial y desarrollo urbano.

OBJETIVOS GENERALES

- **Movilidad urbana**

3.1.10 Movilidad urbana

Identificar los elementos necesarios y pertinentes para el desarrollo de políticas públicas que favorezcan la movilidad urbana, en consideración a otros tipos de movilidad no motorizada y con respeto al medio ambiente.

Líneas de acción:

3.1.10.1 Diseñar e implementar un programa de transportación multimodal.

3.1.10.2 Desarrollar e implementar un programa de ampliación de rutas y transporte eficiente.

3.1.10.3 Implementar los mecanismos necesarios y pertinentes que permitan una adecuada organización de las concesiones de transporte público en beneficio de la población.

3.1.10.4 Trabajar en la creación de un Plan de Movilidad Urbana No Motorizada que complemente el transporte masivo y permita una movilidad sustentable y con impactos benéficos en el medio ambiente, así como en el desarrollo económico.

3.1.10.5 Promover la movilidad de las personas a través del uso de los transportes públicos.

3.2 DESARROLLO METROPOLITANO

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Promover el bienestar de los hidalguenses a través del desarrollo metropolitano, potencializando su crecimiento económico y social, en donde se contemplen habitabilidad, transporte, medio ambiente, equidad territorial y creación de empleo, bajo un enfoque ordenado y sustentable.

ESTRATEGIAS DE ACCIÓN

1. Mejorar la coordinación entre la federación, estados y municipios y cuidar la oportuna integración de las agendas metropolitanas que incorporen los temas estratégicos más sensibles para la atención del fenómeno de metropolización.
2. Aprovechar la ubicación geográfica estratégica de la entidad y la fortaleza legal e institucional en la materia, a fin de estimular el desarrollo de proyectos de gran impacto en el estado.
3. Desarrollar proyectos de sistemas basados en el consumo de energías limpias aprovechando la ubicación de la zona metropolitana comprendida en el Valle de Tizayuca.
4. Impulsar la ampliación de la cobertura de transporte para atender eficientemente la movilidad urbana, a través de la asignación del presupuesto estatal.
5. Desarrollar una gestión en apego estricto al marco normativo y mejorar la coordinación intergubernamental, especialmente con los municipios, con miras a atenuar el desequilibrio del desarrollo y disminuir la migración.

6. Desarrollar acciones de búsqueda y gestión de fuentes de financiamiento alterno internacional en apoyo al presupuesto estatal para acciones de metropolización.
7. Desarrollar tareas de difusión entre los potenciales inversionistas de nuestro país, a fin de alentar la inversión privada hacia el desarrollo metropolitano y de incrementar las oportunidades de empleo para los habitantes del estado.

OBJETIVOS GENERALES

- Desarrollo de las zonas metropolitanas del estado
- Movilidad urbana sustentable

3.2.2 Desarrollo de las zonas metropolitanas del estado

Diseñar e implementar las acciones pertinentes que coadyuven a fortalecer los programas de desarrollo en las zonas metropolitanas existentes.

Líneas de acción:

3.2.2.1 Actualizar la legislación aplicable vigente en términos de desarrollo metropolitano.
3.2.2.2 Crear y actualizar los programas de desarrollo de los municipios que son parte de las zonas metropolitanas.
3.2.2.3 Diseñar un sistema que permita evaluar el impacto de la infraestructura en términos de desarrollo social y económico en las zonas metropolitanas existentes.
3.2.2.4 Fortalecer la conectividad y proyectos de transporte vinculados a la movilidad urbana, al abasto y a los servicios públicos.
3.2.2.5 Vincular en una visión común las zonas metropolitanas del estado de Hidalgo:
Pachuca, Tula y Tulancingo con la metrópoli del Valle de México, a través del proyecto denominado “Corredor Quetzalcóatl”, que implica la creación de un sistema de ciudades.

3.2.3 Movilidad urbana sustentable

Impulsar la generación de programas y acciones de movilidad urbana y mejoramiento del servicio público de transporte que fortalezca las opciones de traslado en zonas metropolitanas y conurbadas del estado.

Líneas de acción:

3.2.3.1 Actualizar y modernizar el Atlas de vías de comunicación y transporte metropolitano.
3.2.3.2 Desarrollar e implementar el programa de movilidad metropolitana que contemple la ampliación de rutas, la organización de concesiones y la prestación del servicio de transporte de manera eficiente y con calidad.
3.2.3.3 Implementar un sistema multimodal del transporte metropolitano.
3.2.3.4 Implementar estudios referentes a las ciudades pequeñas del estado, con el fin de analizar su estatus referente a la metropolización con los municipios conurbados.

c) Localización geográfica

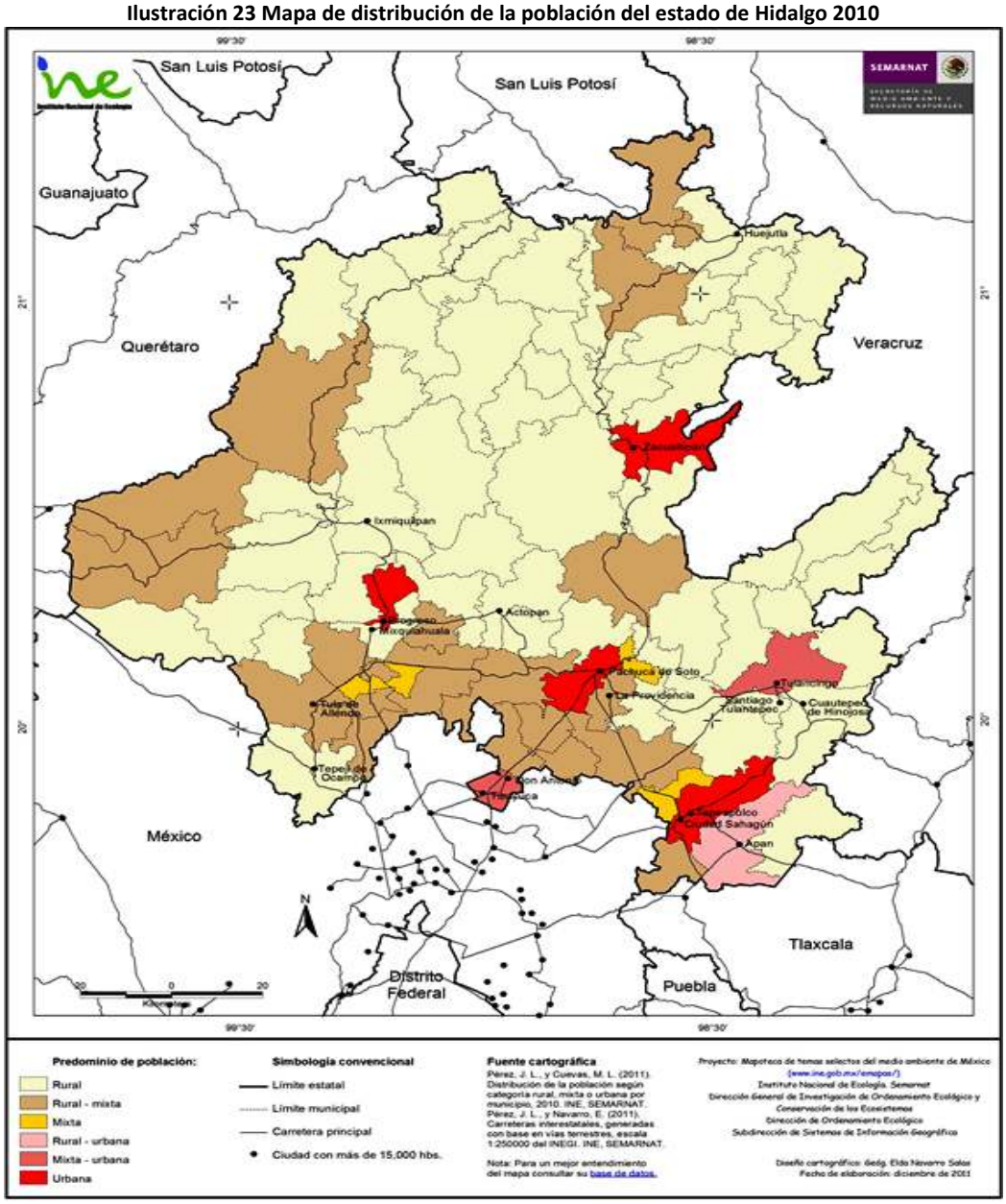
El proyecto se ubica en la Zona Metropolitana de Pachuca

El área geográfica para la construcción del BRT Tuzobus, “Corredor 1 Centro-Téllez”, para abastecer las rutas de movilidad urbana de la ZMP está localizada en el estado de Hidalgo. Su capital es Pachuca y tiene

un área conurbada integrada por los siguientes cinco: Pachuca, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Epazoyucan, Zapotlán y Zempoala. Es la conurbación urbana más importante del estado de Hidalgo. Sus colindancias son: al norte con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al este con el estado de Puebla, al sur con los estados de Tlaxcala y México y al oeste con el estado de Querétaro.

La Zona Metropolitana de Pachuca, que al municipio central suma los tres municipios inmediatos que son Mineral del Monte, Mineral de la Reforma y San Agustín Tlaxiaca alcanza, de acuerdo a sus límites, casi 53 770 hectáreas.

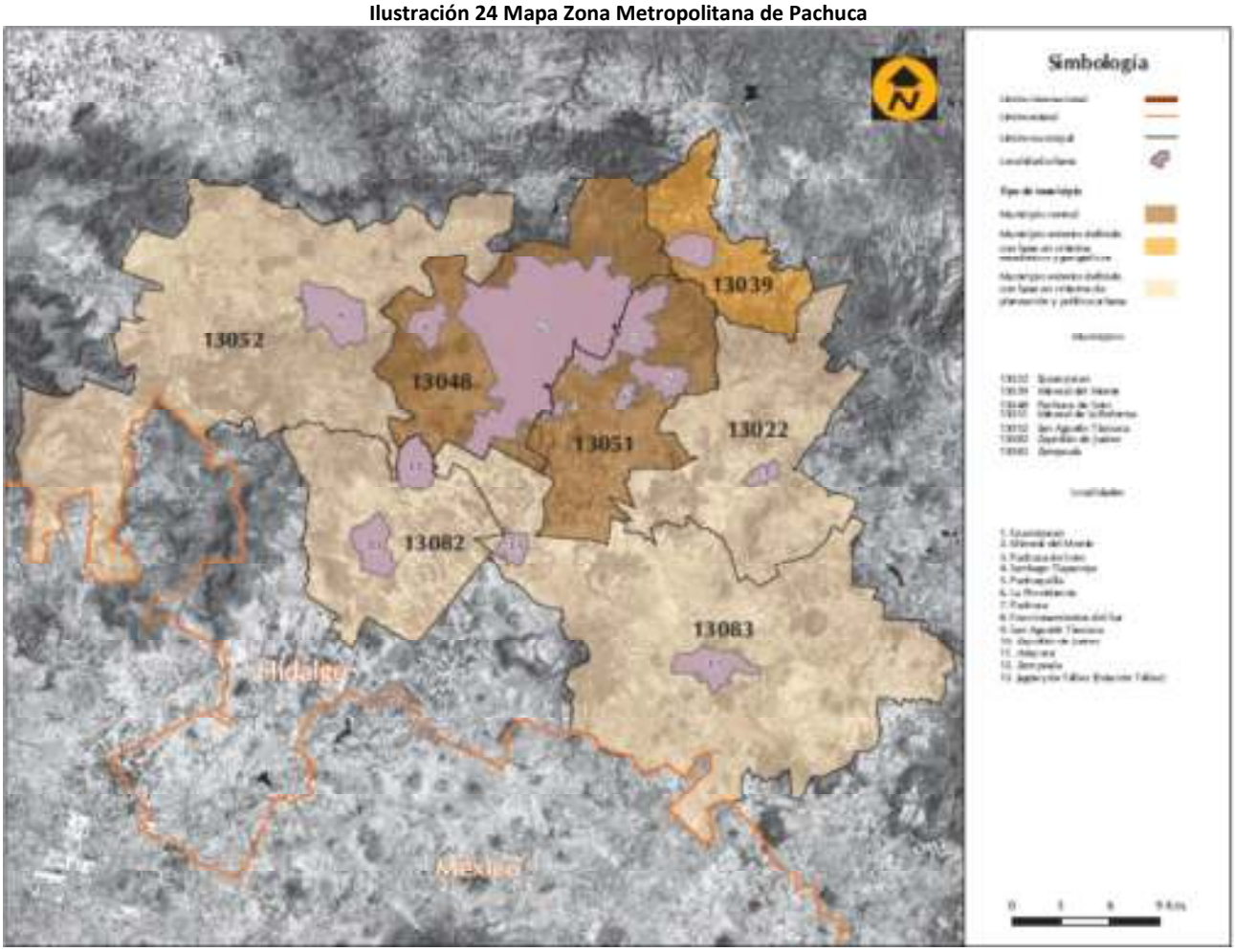
Ilustración 23 Mapa de distribución de la población del estado de Hidalgo 2010



El crecimiento poblacional de Pachuca ha rebasado las expectativas de los planificadores en las décadas anteriores, pues no existía un proceso activo de redensificación. 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.

Ilustración 24 Mapa Zona Metropolitana de Pachuca



d) Calendario de Actividades

Ilustración 25 Calendario de actividades

		AGOSTO				SEPTIEMBRE			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1. DRENAJE PLUVIAL									
A) ZONA SUR									
	$ 18,576,611.20	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93
B) ZONA CENTRO									
	$ 12,506,867.17	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72
C) ZONA NORTE									
	$ 19,045,545.07	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76
2. FIBRA ÓPTICA									
A) ZONA SUR									
	$ 3,526,797.69	$ 352,679.77	$ 352,679.77	$ 352,679.77	$ 352,679.77	$ 352,679.77	$ 352,679.77	$ 352,679.77	$ 352,679.77
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,739,299.59			$ 304,366.62	$ 304,366.62	$ 304,366.62	$ 304,366.62	$ 304,366.62	$ 304,366.62
C) ZONA NORTE									
	$ 4,943,439.55			$ 494,343.96	$ 494,343.96	$ 494,343.96	$ 494,343.96	$ 494,343.96	$ 494,343.96
3. ACOMETIDAS ELÉCTRICAS									
A) ZONA SUR									
	$ 6,853,057.67	$ 685,305.77	$ 685,305.77	$ 685,305.77	$ 685,305.77	$ 685,305.77	$ 685,305.77	$ 685,305.77	$ 685,305.77
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,559,981.86			$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82
C) ZONA NORTE									
	$ 3,895,165.42			$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12
4. OBRA CIVIL SEMAFÓRICA									
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,635,369.09			$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76
C) ZONA NORTE									
	$ 3,798,598.88			$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91
5. SUPERFICIE DE RODAMIENTO									
5.1 REPARACIONES									
A) ZONA SUR									
	$ 17,462,648.16	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82
B) ZONA CENTRO									
	$ 6,031,365.35							$ 548,305.94	$ 548,305.94
C) ZONA NORTE									
	$ 4,607,955.12							$ 418,905.01	$ 418,905.01
5.2 OBRA NUEVA									
A) ZONA SUR									
	$ 74,912.74	$ 74,912.74							
B) ZONA CENTRO									
	$ 3,915,603.33								
C) ZONA NORTE									
	$ 2,168,500.23								$ 216,850.02
6. OBRAS COMPLEMENTARIAS									
A) ZONA SUR									
	$ 13,419,292.04	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51	$ 1,677,411.51
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,830,539.62					$ 228,817.45	$ 228,817.45	$ 228,817.45	$ 228,817.45
C) ZONA NORTE									
	$ 10,542.97								$ 10,542.97

7. CONFORMACIÓN DE ESTACIONES (INFRAESTRUCTURA)												
A) ZONA SUR												
7.1 TERRACERIAS Y PAVIMENTOS	$ 33,852,037.37						$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34		
7.2 MUROS DE CONTENCION	$ 60,766,840.66						$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54		
B) ZONA CENTRO	$ 12,209,774.01								$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46		
C) ZONA NORTE	$ 9,089,137.49								$ 826,285.23	$ 826,285.23		
7A. OBRA INDUCIDA NO IDENTIFICADA												
A) ZONA SUR	$ 5,587,568.89	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52		
B) ZONA CENTRO	$ 1,894,284.02	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47		
B) ZONA NORTE	$ 1,486,412.62	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04		
8. OBRA ARQUITECTÓNICA												
A) ZONA SUR	$ 198,276,113.66											
B) ZONA CENTRO	$ 37,686,645.65											
C) ZONA NORTE	$ 44,935,423.67										$ 4,493,542.37	
9. ACCESIBILIDAD												
A) ZONA SUR	$ 60,729,610.89											
B) ZONA CENTRO	$ 8,734,588.81											
10. CONTROL AL TRÁNSITO												
A) ZONA SUR	$ 3,320,294.81											
B) ZONA CENTRO	$ 7,664,173.95											
C) ZONA NORTE	$ 11,336,646.11											
11. TECNOLOGÍAS												
A) ZONA SUR	$ 31,432,033.38											
B) ZONA CENTRO	$ 4,609,160.82											
C)ZONA NORTE	$ 6,151,404.60											
	$ 669,364,244.16	**$ 9,449,986.03**	**$ 9,375,073.29**	**$ 11,164,543.47**	**$ 11,164,543.47**		**$ 17,307,040.80**	**$ 17,307,040.80**	**$ 20,210,516.44**	**$ 24,931,451.80**		
			$ 18,825,059.33	**$ 29,989,602.80**	**$ 41,154,146.28**		**$ 58,461,187.08**	**$ 75,768,227.89**	**$ 95,978,744.32**	**$ 120,910,196.12**		

NOTA: ESTOS IMPORTES NO INCLUYEN I.V.A.

		OCTUBRE				NOVIEMBRE			
		9	10	11	12	13	14	15	16
1. DRENAJE PLUVIAL									
A) ZONA SUR									
	$ 18,576,611.20	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93	$ 1,548,050.93				
B) ZONA CENTRO									
	$ 12,506,867.17	$ 1,250,686.72	$ 1,250,686.72						
C) ZONA NORTE									
	$ 19,045,545.07	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76	$ 1,587,128.76				
2. FIBRA ÓPTICA									
A) ZONA SUR									
	$ 3,526,797.69	$ 352,679.77	$ 352,679.77						
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,739,299.59	$ 304,366.62	$ 304,366.62	$ 304,366.62					
C) ZONA NORTE									
	$ 4,943,439.55	$ 494,343.96	$ 494,343.96	$ 494,343.96	$ 494,343.96				
3. ACOMETIDAS ELÉCTRICAS									
A) ZONA SUR									
	$ 6,853,057.67	$ 685,305.77	$ 685,305.77						
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,559,981.86	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82	$ 213,331.82		
C) ZONA NORTE									
	$ 3,895,165.42	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12	$ 324,597.12		
4. OBRA CIVIL SEMAFÓRICA									
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,635,369.09	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76	$ 136,280.76		
C) ZONA NORTE									
	$ 3,798,598.88	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91	$ 316,549.91		
5. SUPERFICIE DE RODAMIENTO									
5.1 REPARACIONES									
A) ZONA SUR									
	$ 17,462,648.16	$ 1,746,264.82	$ 1,746,264.82						
B) ZONA CENTRO									
	$ 6,031,365.35	$ 548,305.94	$ 548,305.94	$ 548,305.94	$ 548,305.94	$ 548,305.94	$ 548,305.94	$ 548,305.94	$ 548,305.94
C) ZONA NORTE									
	$ 4,607,955.12	$ 418,905.01	$ 418,905.01	$ 418,905.01	$ 418,905.01	$ 418,905.01	$ 418,905.01	$ 418,905.01	$ 418,905.01
5.2 OBRA NUEVA									
A) ZONA SUR									
	$ 74,912.74								
B) ZONA CENTRO									
	$ 3,915,603.33								
C) ZONA NORTE									
	$ 2,168,500.23	$ 216,850.02	$ 216,850.02	$ 216,850.02	$ 216,850.02	$ 216,850.02	$ 216,850.02	$ 216,850.02	$ 216,850.02
6. OBRAS COMPLEMENTARIAS									
A) ZONA SUR									
	$ 13,419,292.04								
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,830,539.62	$ 228,817.45	$ 228,817.45	$ 228,817.45	$ 228,817.45				
C) ZONA NORTE									
	$ 10,542.97								

7. CONFORMACIÓN DE ESTACIONES (INFRAESTRUCTURA)												
A) ZONA SUR												
7.1 TERRACERIAS Y PAVIMENTOS	$ 33,852,037.37	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34
7.2 MUROS DE CONTENCION	$ 60,766,840.66	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54
B) ZONA CENTRO	$ 12,209,774.01	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46	$ 1,109,979.46
C) ZONA NORTE	$ 9,089,137.49	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23	$ 826,285.23
7A. OBRA INDUCIDA NO IDENTIFICADA												
A) ZONA SUR	$ 5,587,568.89	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52	$ 328,680.52
B) ZONA CENTRO	$ 1,894,284.02	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47	$ 111,428.47
B) ZONA NORTE	$ 1,486,412.62	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04	$ 87,436.04
8. OBRA ARQUITECTÓNICA												
A) ZONA SUR	$ 198,276,113.66	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74
B) ZONA CENTRO	$ 37,686,645.65											
C) ZONA NORTE	$ 44,935,423.67	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37	$ 4,493,542.37
9. ACCESIBILIDAD												
A) ZONA SUR	$ 60,729,610.89	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45
B) ZONA CENTRO	$ 8,734,588.81											
10. CONTROL AL TRÁNSITO												
A) ZONA SUR	$ 3,320,294.81											
B) ZONA CENTRO	$ 7,664,173.95											
C) ZONA NORTE	$ 11,336,646.11											
11. TECNOLOGÍAS												
A) ZONA SUR	$ 31,432,033.38											
B) ZONA CENTRO	$ 4,609,160.82											
C)ZONA NORTE	$ 6,151,404.60											
	$ 669,364,244.16	**$ 34,035,402.51**	**$ 34,035,402.51**	**$ 30,000,465.44**	**$ 29,696,098.82**	**$ 25,837,757.73**	**$ 25,837,757.73**	**$ 24,846,998.12**	**$ 24,846,998.12**			
		$ 154,945,598.63	**$ 188,981,001.15**	**$ 218,981,466.59**	**$ 248,677,565.41**	**$ 274,515,323.14**	**$ 300,353,080.86**	**$ 325,200,078.98**	**$ 350,047,077.10**			

NOTA: ESTOS IMPORTES NO INCLUYEN I.V.A.

		DICIEMBRE				ENERO			
		17	18	19	20	21	22	23	24
1. DRENAJE PLUVIAL									
A) ZONA SUR									
	$ 18,576,611.20								
B) ZONA CENTRO									
	$ 12,506,867.17								
C) ZONA NORTE									
	$ 19,045,545.07								
2. FIBRA ÓPTICA									
A) ZONA SUR									
	$ 3,526,797.69								
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,739,299.59								
C) ZONA NORTE									
	$ 4,943,439.55								
3. ACOMETIDAS ELÉCTRICAS									
A) ZONA SUR									
	$ 6,853,057.67								
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,559,981.86								
C) ZONA NORTE									
	$ 3,895,165.42								
4. OBRA CIVIL SEMAFÓRICA									
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,635,369.09								
C) ZONA NORTE									
	$ 3,798,598.88								
5. SUPERFICIE DE RODAMIENTO									
5.1 REPARACIONES									
A) ZONA SUR									
	$ 17,462,648.16								
B) ZONA CENTRO									
	$ 6,031,365.35	$ 548,305.94							
C) ZONA NORTE									
	$ 4,607,955.12	$ 418,905.01							
5.2 OBRA NUEVA									
A) ZONA SUR									
	$ 74,912.74								
B) ZONA CENTRO									
	$ 3,915,603.33	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28
C) ZONA NORTE									
	$ 2,168,500.23	$ 216,850.02							
6. OBRAS COMPLEMENTARIAS									
A) ZONA SUR									
	$ 13,419,292.04								
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,830,539.62								
C) ZONA NORTE									
	$ 10,542.97								

7. CONFORMACIÓN DE ESTACIONES (INFRAESTRUCTURA)												
A) ZONA SUR												
7.1 TERRACERIAS Y PAVIMENTOS												
	$ 33,852,037.37	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34	$ 2,115,752.34							
7.2 MUROS DE CONTENCION												
	$ 60,766,840.66	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54	$ 3,797,927.54							
B) ZONA CENTRO												
	$ 12,209,774.01	$ 1,109,979.46										
C) ZONA NORTE												
	$ 9,089,137.49	$ 826,285.23										
7A. OBRA INDUCIDA NO IDENTIFICADA												
A) ZONA SUR												
	$ 5,587,568.89	$ 328,680.52										
B) ZONA CENTRO												
	$ 1,894,284.02	$ 111,428.47										
B) ZONA NORTE												
	$ 1,486,412.62	$ 87,436.04										
8. OBRA ARQUITECTÓNICA												
A) ZONA SUR												
	$ 198,276,113.66	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74			
B) ZONA CENTRO												
	$ 37,686,645.65					$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80			
C) ZONA NORTE												
	$ 44,935,423.67	$ 4,493,542.37										
9. ACCESIBILIDAD												
A) ZONA SUR												
	$ 60,729,610.89	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45			
B) ZONA CENTRO												
	$ 8,734,588.81					$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40			
10. CONTROL AL TRÁNSITO												
A) ZONA SUR												
	$ 3,320,294.81					$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23			
B) ZONA CENTRO												
	$ 7,664,173.95					$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16			
C) ZONA NORTE												
	$ 11,336,646.11					$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51			
11. TECNOLOGÍAS												
A) ZONA SUR												
	$ 31,432,033.38					$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12			
B) ZONA CENTRO												
	$ 4,609,160.82					$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74			
C)ZONA NORTE												
	$ 6,151,404.60					$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05			
	$ 669,364,244.16	**$ 25,173,298.40**	**$ 17,031,885.34**	**$ 17,031,885.34**	**$ 17,031,885.34**	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,362,784.48**			
		$ 375,220,375.50	**$ 392,252,260.85**	**$ 409,284,146.19**	**$ 426,316,031.54**	**$ 446,678,816.01**	**$ 467,041,600.49**	**$ 487,404,384.97**	**$ 507,767,169.45**			

		FEBRERO				MARZO			
		25	26	27	28	29	30	31	32
1. DRENAJE PLUVIAL									
A) ZONA SUR									
	$ 18,576,611.20								
B) ZONA CENTRO									
	$ 12,506,867.17								
C) ZONA NORTE									
	$ 19,045,545.07								
2. FIBRA ÓPTICA									
A) ZONA SUR									
	$ 3,526,797.69								
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,739,299.59								
C) ZONA NORTE									
	$ 4,943,439.55								
3. ACOMETIDAS ELÉCTRICAS									
A) ZONA SUR									
	$ 6,853,057.67								
B) ZONA CENTRO									
	$ 2,559,981.86								
C) ZONA NORTE									
	$ 3,895,165.42								
4. OBRA CIVIL SEMAFÓRICA									
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,635,369.09								
C) ZONA NORTE									
	$ 3,798,598.88								
5. SUPERFICIE DE RODAMIENTO									
5.1 REPARACIONES									
A) ZONA SUR									
	$ 17,462,648.16								
B) ZONA CENTRO									
	$ 6,031,365.35								
C) ZONA NORTE									
	$ 4,607,955.12								
5.2 OBRA NUEVA									
A) ZONA SUR									
	$ 74,912.74								
B) ZONA CENTRO									
	$ 3,915,603.33	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28	$ 326,300.28				
C) ZONA NORTE									
	$ 2,168,500.23								
6. OBRAS COMPLEMENTARIAS									
A) ZONA SUR									
	$ 13,419,292.04								
B) ZONA CENTRO									
	$ 1,830,539.62								
C) ZONA NORTE									
	$ 10,542.97								

7. CONFORMACIÓN DE ESTACIONES (INFRAESTRUCTURA)												
A) ZONA SUR												
7.1 TERRACERIAS Y PAVIMENTOS	$ 33,852,037.37											
7.2 MUROS DE CONTENCION	$ 60,766,840.66											
B) ZONA CENTRO	$ 12,209,774.01											
C) ZONA NORTE	$ 9,089,137.49											
7A. OBRA INDUCIDA NO IDENTIFICADA												
A) ZONA SUR	$ 5,587,568.89											
B) ZONA CENTRO	$ 1,894,284.02											
B) ZONA NORTE	$ 1,486,412.62											
8. OBRA ARQUITECTÓNICA												
A) ZONA SUR	$ 198,276,113.66	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74	$ 8,261,504.74
B) ZONA CENTRO	$ 37,686,645.65	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80	$ 3,140,553.80
C) ZONA NORTE	$ 44,935,423.67											
9. ACCESIBILIDAD												
A) ZONA SUR	$ 60,729,610.89	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45	$ 2,530,400.45
B) ZONA CENTRO	$ 8,734,588.81	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40	$ 727,882.40
10. CONTROL AL TRÁNSITO												
A) ZONA SUR	$ 3,320,294.81	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23	$ 276,691.23
B) ZONA CENTRO	$ 7,664,173.95	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16	$ 638,681.16
C) ZONA NORTE	$ 11,336,646.11	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51	$ 944,720.51
11. TECNOLOGÍAS												
A) ZONA SUR	$ 31,432,033.38	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12	$ 2,619,336.12
B) ZONA CENTRO	$ 4,609,160.82	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74	$ 384,096.74
C) ZONA NORTE	$ 6,151,404.60	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05	$ 512,617.05
	$ 669,364,244.16	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,362,784.48**	**$ 20,036,484.20**	**$ 20,036,484.20**	**$ 20,036,484.20**	**$ 20,036,484.20**			
		$ 528,129,953.92	**$ 548,492,738.40**	**$ 568,855,522.88**	**$ 589,218,307.36**	**$ 609,254,791.56**	**$ 629,291,275.76**	**$ 649,327,759.96**	**$ 669,364,244.16**			

e) Monto total de inversión

Costos y plan de inversión

El monto total de inversión para el proyecto de construcción e implementación del BRT Tuzobus corredor 1 Centro-Téllez asciende a Mx 891.3 millones, de los cuales Mx 669.3 millones corresponden al tema de infraestructura, mientras que un total de Mx 167 millones para la adquisición de material rodante –*Buses*-.

Capítulo	**-**	**PROYECTO SISTEMA TRONCAL DE TRANSPORTE METROPOLITANO TUZOBUS**		**$ 669,300,000.00**
Subcapítulo	**-**	**A**	**ZONA SUR**	**$ 452,616,394.39**
Nivel 3	+	A1	INFRAESTRUCTURA	$ 168,546,898.55
Nivel 3	+	A2	OBRA ARQUITECTÓNICA	$ 188,694,155.82
Nivel 3	+	A3	ACCESIBILIDAD	$ 60,023,496.65
Nivel 3	+	A4	CONTROL AL TRÁNSITO	$ 3,377,878.38
Nivel 3	+	A5	TECNOLOGÍAS	$ 31,973,964.99
Subcapítulo	**-**	**B**	**ZONA CENTRO**	**$ 97,546,366.88**
Nivel 3	+	B1	INFRAESTRUCTURA	$ 41,276,926.83
Nivel 3	+	B2	OBRA ARQUITECTÓNICA	$ 33,235,446.46
Nivel 3	+	B3	ACCESIBILIDAD	$ 8,885,191.19
Nivel 3	+	B4	CONTROL AL TRÁNSITO	$ 9,460,173.29
Nivel 3	+	B5	TECNOLOGÍAS	$ 4,688,629.11
Subcapítulo	**-**	**C**	**ZONA NORTE**	**$ 106,624,498.14**
Nivel 3	+	C1	INFRAESTRUCTURA	$ 46,900,873.55
Nivel 3	+	C2	OBRA ARQUITECTÓNICA	$ 38,069,671.51
Nivel 3	+	C3	CONTROL AL TRÁNSITO	$ 15,396,489.78
Nivel 3	+	C4	TECNOLOGÍAS	$ 6,257,463.30
			OBRAS INDUCIDAS	**$ 12,512,740.59**

f) Financiamiento

La inversión necesaria para construir el BRT Tuzo-Bus Corredor 1 Centro-Téllez asciende a Mx 893.3 millones de pesos del 2012, este monto incluye infraestructura, material rodante y recaudo, este monto no incluye Impuesto al Valor Agrado –IVA-, el monto total con IVA asciende 1,036´302,523.04. Estos recursos serían aportados en 33.6% por parte del propio Gobierno del Estado de Hidalgo, este componente estatal pretende financiarse tanto por recursos transferidos por la Federación a la entidad como, por ejemplo, Fondo Metropolitano, así como también mediante recursos que se obtengan bajo financiamiento directo; esta última fuente de financiamiento requerirá la aprobación del H. Congreso del Estado. Por otra parte, la inversión privada aportaría el 35.0% del monto total del proyecto, de los cuales Mx 173 millones se destinarían al material rodante de la troncal, rutas alimentadoras y habilitación de los talleres, mientras que los restantes Mx 139.3 millones corresponden a la infraestructura necesaria para el sistema de recaudo, así como un componente de infraestructura el cual se desarrollara bajo el esquema de financiamiento de Aportaciones Pública y Privada –*APP*-. El restante 31.4% de la inversión necesaria para la implementación del proyecto de movilidad urbana pretende financiarse a través de recursos públicos del Gobierno Federal, mediante el otorgamiento de una subvención por parte del Fondo Nacional de Infraestructura –FONADIN- o bien con recursos provenientes del ejercicio fiscal 2013 del presupuestos de

Egresos de la Federación –*PEF*-. La participación de recursos públicos en el proyecto sería equivalente a Mx 280.3 millones.

Tabla 29 Montos de Inversión

	TOTAL	RECURSOS PÚBLICOS			RECURSOS PRIVADOS		
COMPONENTE		APOYO FONADIN/ PEF 2013	GOB. HIDALGO	TOTAL PÚBLICO	PRIVADOS INFRAESTRUCTURA	CONCESIÓN DE TRANSPORTE	TOTAL PRIVADOS
1. Infraestructura							
1.1 CORREDOR TRONCAL							
1.1.1. PAVIMENTOS	34,260,985	17,130,492	17,130,492	**34,260,985**			
1.1.2 PRELIMINARES	131,178,164	65,589,082	65,589,082	**131,178,164**			
1.1.3 OBRA PLUVIAL	50,129,023	25,064,512	25,064,512	**50,129,023**			
1.1.3 OBRA DE ADECUACIONES EN INST. ELECTRICAS	13,308,205	6,654,102	6,654,102	**13,308,205**			
1.1.4 MITIGACION AMBIENTAL							
1.2 TERMINALES							
1.2.1.- HABILITACION TALLERES"	4,210,800					4,210,800	4,210,800
1.2.2.- TERMINAL ESPECIAL							
1.2.3.- TERMINAL "TELLEZ"	14,927,971				14,927,971		14,927,971
1.2.4.- TERRENO TERMINAL "TELLEZ"	20,000,000		20,000,000				
OBRAS INDUCIDAS	14,509,031	7,254,516	7,254,516	**14,509,031**			
1.3 PARADEROS/ESTACIONES DE TRANSBORDE	221,849,061	110,924,531	110,924,531	**221,849,061**			
1.4 PUENTES VEHICULARES							
1.5 PUENTES PEATONALES (9 PUENTES)	69,464,200				69,464,200		69,464,200
2. Material rodante y sistema de prepago							
2.1 ADQUISICION DE VEHÍCULO							
2.1.1 BUSES DE 12M	102,500,000					102,500,000	102,500,000
2.1.2 BUSES DE 8M	46,000,000					46,000,000	46,000,000
2.1.3 UNIDADES TIPO VAN	20,500,000					20,500,000	20,500,000
2.2 SISTEMA DE BOLETAJE E INFORMACIÓN (PREPAGO)							
3. Monitoreo y sistemas de control							
3.1 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN EN CRUCEROS	27,755,083	13,877,541	13,877,541	**27,755,083**			
3.2 TALLERES Y PATIOS DE PERNOCTA	14,369,585	7,184,792	7,184,792	**14,369,585**			
3.3 RECAUDO Y CUARTO DE CONTROL	55,000,000				55,000,000		55,000,000
3.4 TENDIDO DE RED DE VOZ Y DATOS	53,402,136	26,701,068	26,701,068	**53,402,136**			
COSTO DEL TOTAL PROYECTO	893,364,244	**280,380,637**	**300,380,637**	**580,761,273**	**139,392,171**	**173,210,800**	**312,602,971**
	100%	**31.4%**	**33.6%**	65.01%	15.6%	19.4%	35.0%

Fuente: elaborado por Rehovot

La participación privada en lo relativo al material rodante se prevé se integre dentro del marco de la Ley de Concesiones del Estado de Hidalgo, la cual contempla contar con una fuente de pago intrínseca del proyecto, ya que los desembolsos anuales por ingreso de tarifa serían suficientes para que el inversionista privado recupere su capital, tanto del componente de material rodante como de la infraestructura de recaudo.

Tabla 30 Fuentes de Financiamiento

Otras Fuentes de Financiamiento							
	Año	Fonadin	Recursos Estatales	Privados	Fideicomisos	Otras	Total
Monto Planeado / Modificado	Años anteriores	-	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	-	-
	2009	-	-	-	-	-	-
	2010	-	-	-	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-
	2012	145,043,120	155,389,279	161,711,989	-	-	462,144,388
	2013	180,198,418	193,052,260	200,907,457	-	-	574,158,135
	2014	-	-	-	-	-	-
	2015	-	-	-	-	-	-
	2016	-	-	-	-	-	-
	2017	-	-	-	-	-	-
	TOTAL	**325,241,538**	**348,441,538**	**362,619,446**	**-**	**-**	**1,036,302,523.04**

Fuente: elaborado por Rehovot

Costos de inversión con Impuesto al Valor Agregado IVA son:

La inversión en Infraestructura con IVA equivale a:

Monto inversión infraestructura sin IVA $724,364,244
Impuesto al Valor Agregado (IVA) $115,898,279
Monto inversión infraestructura con IVA $840,262,523

La inversión en Material Rodante con IVA equivale a:

Monto inversión material rodante sin IVA $169,000,000
Impuesto al Valor Agregado (IVA) $ 27,040,000
Monto inversión material rodante con IVA $196,040,000

Monto total del proyecto con IVA: 1,036´302,523.04
(Mil treinta y seis millones trescientos dos mil quinientos veintitrés pesos 04/100

g) Capacidad Instalada

Para el proceso de estimación de la capacidad instalada del diseño operativo del Corredor 1: Centro-Téllez fueron desarrolladas dos alternativas operativas; la primera que incluye buses con capacidad de 12 metros de longitud sobre la troncal y una segunda opción con buses articulados de 18 metros.

Descripción de los escenarios considerados

Los grandes sistemas de BRT en el mundo típicamente usan vehículos articulados debido a sus grandes capacidades; sin embargo, el uso de vehículos grandes necesariamente implica la reducción en la frecuencia de los servicios.

Para el diseño operacional se presentan dos escenarios, los cuales consideran tamaños distintos de vehículos para los servicios troncales.

- Escenario 1: Vehículos estándares de 12 m
- Escenario 2: Vehículos articulados de 18 m

Para ambas alternativas fueron consideradas las mismas condiciones en lo relativo a los servicios de alimentación, esto de acuerdo con las características de la demanda de la ruta y sus características operacionales, las cuales determinan el tamaño del vehículo (microbús o van).
Resumen de las características del diseño operacional

El proyecto contempla un total de cinco servicios (Rutas) troncales del sistema de BRT y 19 líneas de alimentación. Las tablas siguientes presentan las características de cada tipo de servicio y también los resultados del cálculo de la capacidad de la flota bajo los Escenarios 1 (bus de 12 metros) y 2 (bus articulado de 18 metros).

Tabla 31 Resumen del diseño operacional para las rutas de alimentación.

Ruta	Integración	Vehículo	Recorido Ida y Vuelta (km)	Tiempo de Ciclo (min)	Capacidad de Cálculo (pas)	Carga Máxima (hora pico mañana)	Embarques/Día	Frecuencia (hora pico mañana)	Flota Operacional	Intervalo (min)
A01	Santa Matilde	Van	2,2	10,7	15	153	3.863	12,0	3	5,0
A02	Santa Matilde	Estándar 8 m	6,8	29,9	50	210	4.658	4,9	3	12,1
A03	Los Olivos	van	5,6	24,6	15	124	2.643	9,7	5	6,2
A04	La Palma	Van	2,8	13,2	15	84	1.769	6,6	2	9,1
A05	Villas Pachuca	Estándar 8 m	5,2	22,7	50	217	4.583	5,1	2	11,7
A06	San Antonio	Van	4,4	19,6	15	81	1.735	6,4	3	9,4
A07	Villas Pachuca	Van	3,1	14,4	15	183	3.768	14,4	4	4,2
A08	Plaza de los Toros	Estándar 8 m	8,8	38,7	50	603	13.555	14,2	10	4,2
A09	Plaza de los Toros	Van	4,9	21,6	15	47	959	4,0	2	15,0
A10	Plaza de los Toros	Van	6,6	29,1	15	64	1.310	5,0	3	12,0
A11	Plaza de los Toros	Estándar 8 m	14,9	65,5	50	183	3.760	4,3	5	13,9
A12	Plaza de los Toros	Van	5,5	24,1	15	155	3.308	12,1	5	4,9
A13	Hospitales	Estándar 8 m	8,8	38,6	50	331	7.384	7,8	6	7,7
A14	Bicentenario	Van	7,1	31,2	15	114	2.438	8,9	5	6,7
A15	Tec de Monterrey	Van	9,9	43,5	15	115	3.427	9,1	7	6,6
A16	Tec de Monterrey	Van	10,7	46,9	15	103	2.859	8,0	7	7,5
A17	5 de Mayo	Estándar 8 m	10,2	44,9	50	342	9.844	8,0	7	7,5
A18	5 de Mayo	Estándar 8 m	6,0	26,2	50	281	6.374	6,6	3	9,1
A19	5 de Mayo	Estándar 8 m	8,5	37,3	50	304	8.659	7,2	5	8,4

Fuente: ITS Technology de México

Tabla 32 Resumen del diseño operacional para el Escenario 1: Buses estándares de 12 metros en rutas troncales.

Ruta	Vehículo	Recorido Ida y Vuelta (km)	Tiempo de Ciclo (min)	Capacidad de Cálculo	Carga Máxima (hora pico mañana)	Frecuencia (hora pico mañana)	Flota Operacional	Intervalo (min)	Embarques/Día
Expresa T01	Estándar 12 m	22,0	39	72	445	6	4	10	12.198
Expresa T02	Estándar 12 m	26,6	53	72	489	7	6	9	17.261
Expresa T03	Estándar 12 m	19,5	41	72	854	12	8	5	25.115
Expresa T04	Estándar 12 m	28,8	55	72	709	10	9	6	27.787
Paradora T05	Estándar 12 m	31,3	71	72	853	12	14	5	42.135

Fuente: ITS Technology de México

Tabla 33 Resumen del diseño operacional para el Escenario 2: Buses articulados de 18 metros en rutas troncales.

Ruta	Vehículo	Recorrido Ida y Vuelta (km)	Tiempo de Ciclo (min)	Capacidad de Cálculo	Carga Máxima (hora pico mañana)	Frecuencia (hora pico mañana)	Flota Operacional	Intervalo (min)	Embarques/Día
Expresa T01	Articulado 18m	22,0	39	136	445	3	2	18	12.198
Expresa T02	Articulado 18m	26,6	53	136	489	4	3	17	17.261
Expresa T03	Articulado 18m	19,5	41	136	854	6	4	10	25.115
Expresa T04	Articulado 18m	28,8	55	136	709	5	5	12	27.787
Paradora T05	Articulado 18m	31,3	71	136	853	6	7	10	42.135

Fuente: ITS Technology de México

La tabla siguiente presenta un resumen de las características de los dos escenarios y los indicadores principales de un sistema de BRT.

Tabla 34 Resumen de los datos principales del diseño operacional

	Escenario 1	Escenario 2
Demanda del Sistema BRT/Día	**150,397**	**150,397**
Abordajes/Día (Incluye Transferencias)	**218,359**	**218,359**
Rutas Troncales	130,794	130,794
Rutas Alimentadoras	87,565	87,565
Intervalo hora pico mañana	**1 min 18 s**	**2 min 26 s**
Flota Operacional	**128**	**109**
Buses Troncales	41	22
Alimentadoras - Van	46	46
Alimentadoras - Estándar	41	41
km Recorridos/Día		
Rutas Troncales	16,556	8,762
Rutas Alimentadoras	13,760	13,760
km Recorridos por Vehículo/Día		
Buses Troncales	404	404
Buses Alimentadores	158	158
IPK/Día		
Buses Troncales	7.90	14.93
Buses Alimentadores	6.36	6.36
Pasajeros por Día por Vehículo		
Buses Troncales	3,190	6,027
Buses Alimentadores	1,006	1,006
Flota Total (reserva 5%)	**134**	**114**
Buses Troncales	43	23
Alimentadoras - Van	48	48
Alimentadoras - Estándar	43	43

Fuente: ITS Technology de México

Con base en las modelaciones para ambas alternativas – *buses para la troncal de 12m y 18m*- los resultados demuestran que, de acuerdo al nivel de frecuencias e intervalos obtenidos en el análisis de los escenarios, se recomienda que el sistema del Corredor 1 Centro-Téllez sea operado con el Escenario 1: buses estándares de 12 metros. Esto debido a que, en caso de utilizar buses de 18 metros, los intervalos resultarían altos entre servicios. Adicionalmente, bajo las condiciones actuales, el uso de buses estándares de 12 metros permitiría aprovechar de mejor manera las estaciones pequeñas ubicadas en el Centro de Pachuca. Sin embargo, se recomienda que el tamaño de los vehículos troncales sea reanalizado con la evolución del sistema y el área metropolitana.

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

Metas en el Año Cero

Meta 1. **Construcción**. El primer año, los desembolsos tanto de anticipos como de obra ejecutada alcanzarán hasta el 55% del monto total de inversión en infraestructura y recaudo. Este porcentaje es equivalente a Mx 398 millones.

Meta 2. Programa de socialización. En el primer año de la construcción debe finalizarse la etapa de concientización a la sociedad del proyecto. Principalmente mediante la implementación de un plan de mitigación para la Zona Centro de Pachuca.

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 45% restante de la inversión en infraestructura y recaudo, equivalente a Mx 325 millones.

Meta 2. Licitación y adjudicación del servicio de recaudo. La empresa concesionaria deberá instalar la infraestructura de cobro y recaudo en 29 puntos de acenso y descenso, incluyendo la terminal Téllez.

Meta 3. Entrega y pruebas del material rodante. La empresa o grupo de empresas a las cuales les sea asignado el contrato de concesión para la operación del sistema tronco-alimentador deberán erogar Mx 64.5 millones para adquirir las 128 unidades de las 5 rutas de la troncal, como también las 19 rutas del sistema de alimentación.

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

Meta 1: Movilizar 150.3 mil pasajeros diarios; por lo tanto, la meta de pasajeros del sistema para el primer año de implantación asciende a 47.6 millones de usuarios anuales.

Meta 2: Incrementar el índice de pasajeros por kilómetro IPK de un nivel inferior a 2 en "Situación Optimizada" a un coeficiente superior de 7, como consecuencia de la reducción de la atomización de la oferta con buses convencionales.

Meta 3: Incrementar la seguridad del usuario al menos en un 50% del índice de siniestralidad promedio que registra la ZMP en materia de transporte público sobre la troncal Centro-Téllez.

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.

Metas globales en la vida del proyecto (31 Años)

Meta 1. Movilizar un volumen superior a 75.2 millones de pasajeros anuales, equivalente a 237.3 mil pasajeros en día promedio.

Tabla 35 Metas anuales de demanda para el corredor

	Año	Diaria	Anual
2	2014	150,397	47,675,849
30	2042	237,300	75,224,169

Fuente: elaborado por Rehovot

i) Vida útil

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

Cuerpos normativos y referenciales

Marco jurídico del sistema de transporte

El proceso de implementación del proyecto BRT analizó el conjunto de disposiciones normativas aplicables al sistema de vialidad y tránsito, enfocados al rubro de transporte, dentro del cual se analizaron los Planes y Programas de Desarrollo que inciden en el tema de transporte en el área de estudio del PREMU. El análisis documental consideró la necesidad de priorizar un cambio estructural en las condiciones del transporte a fin de contar con una movilidad urbana sustentable y socialmente incluyente.

El Programa Sectorial del Sistema de Transporte 2005-2011 reconoce la necesidad de revisar y mejorar el marco normativo, señalando una fase inicial hacia el desarrollo de una planeación estratégica y operativa, sin embargo, las acciones se han centrado en la regularización y sustitución vehicular, soslayando la atención de patios, terminales, paraderos, superficies de rodamiento, tiempos de recorrido, sistemas de pago y servicios en general por imposibilidad financiera.

La Normatividad Estatal en los últimos 5 años ha sido modificada con la intención de reorientar las políticas públicas hacia la planeación y coordinación entre los diferentes órdenes de gobierno.
En cuanto al rubro de transporte, existe dispersión normativa que impide articular de manera clara la planeación y fijación de una política integral del sector en estudio, lo que redunda en la imprecisión de funciones y responsabilidades concurrentes entre los órdenes de gobierno.

La Ley de Asentamientos Humanos busca dar coherencia y certidumbre a los mecanismos generales de planeación, sentando las bases para el desarrollo equitativo y una mejoría en la calidad de vida, donde se implica la realización de obras en la estructura vial y en los servicios de transporte, sin embargo, la falta de vigencia del reglamento de dicha ley, impide jurídicamente la instrumentación y ejecución de eventuales convenios de coordinación con los municipios involucrados en el PREMU, pues se verían afectados de nulidad absoluta.

La Ley del Sistema de Transporte establece de manera limitativa las causas de revocación de las concesiones, lo que supone una dificultad en la aplicación de decisiones jurídico-administrativas, sin embargo, subsiste la potestad legal para la reasignación de rutas y el arribo de formas de organización en sociedades civiles o anónimas por parte de los concesionarios, empresas y gobierno.

Finalmente, con base al análisis jurídico sobre la normatividad vigente en materia de transporte se ha venido trabajando en los últimos meses en una iniciativa de Ley de Transporte, la cual subsane las limitaciones del marco jurídico vigente y así mismo plante una certidumbre jurídica para la implantación de un modelo de concesión para un modelo de transporte tronco-alimentador. Así mismo, el nuevo marco normativo del transporte permitirá crear certidumbre jurídica al proceso de migración del esquema vigente de hombre-camión hacia un modelo de empresa de transporte. La nueva iniciativa de Ley del Trasporte ha sido ya cabildeada por parte del Ejecutivo estatal con las diversas fracciones y corrientes políticas del Congreso estatal y el Gobierno del Estado de Hidalgo pretende lanzar la iniciativa en Septiembre de 2012.

La acción del proyecto tiene su principal incidencia sobre el factor ambiental, reduciendo principalmente la emisión de gases de HC, CO, NOx, SOx, partículas en suspensión, CO_2, CH_4 y N_2O, como consecuencia de la sustitución modal de unidades de transporte convencional de combustión a Diesel, por transporte público con motores de mayor eficiencia como Euro IV y Euro V, esto derivado de la migración de tecnología como consecuencia de la implantación del proyecto. El cambio modal de camiones convencionales a transporte público supone una reducción de emisiones como consecuencia de 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 transporte público.

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 transporte público con mayor eficiencia podrá contribuir a eliminar los lubricantes derramados en la vía pública por el transporte motorizado público.

La manifestación de Impacto ambiental del proyecto BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez requiere de una nueva evaluación ante la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado de Hidalgo, sin embargo, en este proceso aparentemente no se vislumbra dificultad para su resolución favorable, ya que se trata de una zona urbana totalmente consolidada y que, por el contrario, la implantación del proyecto tiene por objetivo la reducción de emisiones.

El proceso del BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez se realizará en apego a las normas ambientales relacionadas al proceso de construcción, como emisiones de ruido, tratamiento de residuos, entre otros. Adicionalmente, el gobierno del estado de Hidalgo se encuentra elaborando un estudio documento para la obtención de la no objeción al proyecto, condicionada al cumplimiento del Manual de Salvaguarda Ambiental y Social del Transporte Urbano (MASTU) del Banco Mundial. En la obtención de este proceso tampoco se prevé que enfrente mayor dificultad, ya que los impactos ambientales y sociales son prácticamente mínimos; en caso contrario, el proyecto prevé la adopción de medidas de mitigación tanto sociales como ambientales.

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 presentan a continuación los resultados parciales:

La factibilidad ambiental del proyecto se considera como viable, ya que los 15 kilómetros del "Corredor 1: Centro-Tellez Tuzo-bus" se considera como una zona ambientalmente impactada, por lo que la implantación de los componentes del proyecto *–carriles confinados, paraderos, terminales, etc.-* no necesariamente generan un impacto ambiental mayor al que actualmente ya se registra dichos sitios. Sin embargo, al tratarse de modificaciones originadas por las actividades humanas al medio ambiente, estas deberán someterse a evaluación por parte del Estado mexicano. En este sentido, la evaluación del impacto ambiental es un instrumento de la política ambiental dirigido al análisis detallado de diversos proyectos de

desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos que su ejecución puede ocasionar al ambiente. Con esta evaluación es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto y determinar, en caso de que se requiera, las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio y la salud humana.

El artículo 6º del Reglamento establece que para proyectos de ampliación, modificación, sustitución de infraestructura, rehabilitación y mantenimiento, se podrá solicitar una exención de la presentación de la manifestación de impacto ambiental, siempre y cuando se demuestre que su ejecución no causará desequilibrios ecológicos ni rebasará los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección al ambiente y a la preservación y restauración de los ecosistemas.

Actuales usos del suelo y el adyacente al sitio y cualquier uso de suelo previsto para el proyecto.

Se definió una zona de influencia de un 1 km alrededor del proyecto.

Comercios y servicios.

Es el uso de suelo con mayor superficie sobre la zona de influencia del proyecto. Se le encuentra principalmente en la Zona Centro.

Conservación

Son algunas áreas verdes como camellones y parques –*Parque David Ben Gurion*-. El Corredor de movilidad masiva no modificará este uso de suelo.

Cuerpos de agua

Dentro de la zona de influencia no se registran cuerpos de agua.

Derechos de vía

Son todas las vialidades. Estas serán aprovechadas por el CTU para su trayecto, por lo que este uso si tendrá interacción directa con el proyecto, principalmente las Vías Rápidas como Blvd. Felipe Ángeles y las vialidades de la Zona Centro como Av. Revolución.

Equipamiento

Conformada por centros de salud, parques, panteones, centros de educación superior, estadio, plaza de toros, centro comercial, hoteles y centros escolares. Destacan la Unidad Administrativa en la Zona de Colinas –*Congreso del Estado, Procuraduría de Justicia, así como instalaciones de la Feria*- estos en la parte sur de la zona de influencia del proyecto.

Más hacia el centro encontramos al Centro del estadio de futbol, plaza de toros, centros comerciales, hoteles, universidades. También encontramos el Centro de Gobierno del Estado de Hidalgo.

Aunque no se observa una tendencia de concentración, principalmente se encuentra en la parte central y norte de la zona de influencia del proyecto.

Usos especiales

Se encuentran en este uso las subestaciones eléctricas, gasolineras, aeropuerto civil.

Habitacional

Se encuentra en toda la zona de influencia del proyecto, se concentran principalmente hacia el el sur del trayecto.

Hacia el norte del lado este observamos colonias como Libertad, Postal, Burócratas, López Leyva. Un poco más debajo de estas colonias otras importantes como 20 de Noviembre, Buena Vista, Guadalupe Victoria, entre otras.

A pesar de que en superficie es el más importante uso de suelo, y de la cercanía en que el traso del sistema de movilidad BRT será instalado, no se requiere de modificaciones como la reubicación de sus habitantes.

Industrial

El derrotero de la troncal de BRT no registra instalaciones industriales.

Preservación Cauce Natural

No se registran cauces naturales por la zona de influencia del proyecto de movilidad urbana.

Políticas de zonificación o de usos del suelo.

En el área de influencia del Corredor de Transporte Urbano inciden 25 subsectores clasificados por 4 políticas de desarrollo urbano: Conservación, Consolidación, Mejoramiento y Densificación.

Conservación: Se enfoca a zonas que por sus características naturales, cuentan con praderas, mantos acuíferos y otros elementos que condicionen el equilibrio ecológico; las dedicadas en forma habitual a las actividades agropecuarias; las áreas abiertas, los promontorios, los cerros, las colinas y elevaciones o depresiones orográficas que constituyen elementos naturales o culturales; las áreas cuyo uso puede afectar el paisaje, la imagen urbana y los símbolos urbanos; y aquellos cuyo subsuelo se haya visto afectado por fenómenos naturales o por explotaciones de cualquier género, que representen peligros permanentes o eventuales para los asentamientos humanos.

Consolidación: Es la tendiente a impulsar y robustecer el desarrollo urbano en las zonas que delimitan el área urbana en su interior debiendo establecer un principio de orden para el exterior de la misma.

Mejoramiento: Es la tendiente a reordenar o renovar las zonas de incipiente desarrollo o deterioradas, física o funcionalmente.

Densificación: Es la tendiente a intensificar el uso de suelo en aquellas zonas del área urbana en donde por sus características cuenten con altos niveles de infraestructura y de servicios.

Áreas protegidas.

La ruta del BRT no pasará por áreas protegidas.

Zonas sensibles.

Debido al grado de urbanización, la ruta no pasa por zonas sensibles

Detalles de cualquier otra ubicación alternativa que se ha considerado.

No se consideraron alternativas.

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS POTENCIALES

Impactos potenciales sobre:

Población humana

La población se verá afectada de manera negativa aunque temporal durante la construcción e instalación del CTU principalmente por el aumento en los tiempos de traslados, ya que aumentará hasta en 7 minutos los traslados en las rutas afectadas por el proyecto calculado en un costo económico equivalente a Mx 103 millones, por molestias de usuarios tanto de transporte público como motorizado privado durante la construcción.

Como impacto positivo, éste se dará una vez que inicie la operación, ya que se verá un escenario completamente distinto, con tiempos de traslado más rápidos para los usuarios y menor afluencia vehicular, por la desmotivación del transporte privado y económico. Actualmente con el uso del transporte una familia con ingresos de 1 salario mínimo, utilizarían el 84% de sus ingresos únicamente para transportarse considerando un promedio de 11 pesos de cuota y que solo 2 personas de esta familia haga uso de transporte público realizando dos viajes (ida y vuelta).

La realidad es que el 48% de los usuarios realiza transbordos para llegar a su destino, es decir que utilizan 2 transportes de ida y 2 de vuelta.

Económicamente, la población pudiera ahorrar por lo menos un 50% de lo que actualmente invierte para su movilidad.

Otra impacto positivo es referente a los tiempos de traslados, actualmente el sistema de transporte trabaja a una velocidad promedio de 13.48 Km/h, el proyecto de BRT Tuzo-Bus se espera que trabaje a velocidades promedio de 28 Km/h en carriles exclusivos, disminuyendo considerablemente los tiempos de traslado.

Salud humana

La salud humana es afectada por la contaminación atmosférica, ya sea producida por el parque vehicular actual, ya que daña severamente la salud por la inhalación de gases tóxicos, como el ozono, bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas PM10 y PM2.5, entre otros, aumentando la posibilidad de

contribuir a enfermedades como bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares.

Por otro lado, el mal estado de las unidades actuales puede causar malestares a la población como daños a la columna, el estrés, aumentar el riesgo por hipertensión, entre otros.

En este sentido, se esperan impactos benéficos inmediatos por la operación del proyecto, utilizando vehículos eco eficientes y en buen estado mecánico, ya que se reducirá la emisión de contaminantes a la atmósfera y habrá vehículos en buen estado.

Flora y Fauna

De manera generalizada, la ciudad de Pachuca ha sufrido grandes cambios lo que la ha llevado a un alto grado de urbanización lo que ambientalmente se ha traducido en la pérdida de sus características naturales y el desplazamiento de la flora y fauna.

El Corredor de Transporte Urbano hace uso de vialidades totalmente urbanizadas en el centro de población, por lo que no se requieren obras con potencial de impactar estos factores.

Respecto a las terminales, estas representan un potencial impacto a la vegetación existente, sobre todo las ubicadas en los camellones del Blvb. Felipe Ángeles, pues afectarán parcialmente las jardineras.

Suelos

El suelo ya fue afectado desde que se inició la urbanización de la ciudad de Pachuca. La totalidad de la ruta se encuentra recubierta de pavimento, y diariamente transita una cantidad considerable de vehículos particulares y de transporte público, por lo que este proyecto no va a ocasionar un impacto mayor a este elemento.

La construcción de la terminal Tellez, no obstante que se realizará sobre un terreno baldío, el suelo ya ha sido alterado por actividades previas, por lo que se encuentra desprovisto de vegetación.

Uso del suelo

No se estiman impactos a los distintos usos de suelos que rodean la ruta del proyecto BRT. No se requiere del cambio o reubicación de las distintas actividades que ya se realizan desde hace algunos años en la zona, ya que el BRT Tuzo-Bus únicamente hace uso del derecho de vía que fue definido y que diariamente utilizan los habitantes de la ciudad.

Bienes materiales

No se requiere afectar inmuebles.

Calidad del agua e hidrología

No existe afectación a la calidad del agua e hidrología. El proyecto de BRT no registra interacción con ningún manto freático o cause de agua, así mismo no se requieren de realizar obras de encauzamiento o de modificación de cauces para la ruta.

Calidad del aire

Indudablemente este factor es el que mayores impactos ambientales conlleva con la ejecución del proyecto ya que propone lo siguiente:

- Desincentivo del uso de transporte particular.
- Reubicación de rutas de transporte público y disminución de flota.
- Utilización de vehículos de transporte masivo del tipo BRT con motores eco eficientes y carriles confinados, lo cual reduce las operaciones de aceleración y frenado.

Lo anterior supone una reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera, principalmente el CO2, considerado por la comunidad científica como el principal gas de efecto invernadero.

Con base a evidencia empírica de proyectos similares de transporte masivo, las emisiones de CO2 equivalente podrían llegar a reducirse hasta en un 55.64% en el primer año de operación, hasta llegar a un 61.80% en el último año, comparándolas con las emisiones que habría de seguir sin proyecto.

El cálculo es realizado con factores de emisión de la tecnología actual. Conforme el transcurso de los años la tecnología para el control de emisiones vehiculares y la adopción de nuevos combustibles y fuentes de energía pudieran mejorar sustancialmente los resultados presentados, cada vez que los autobuses y articulados sean actualizados.

Clima:
El nivel de urbanización alcanzado ha disminuido sustancialmente la cubierta de vegetación que en algún momento existió en la ciudad, estos son factores que alteran el clima y los microclimas de una región.

Considerando lo anterior, la introducción de este medio de transporte no realizará alteraciones a la infraestructura, salvo la construcción de los paraderos y terminales, por lo que no existirá impactos negativos a este factor.

Ruido y vibraciones:

El proyecto se encuentra inmerso en una zona urbanizada en el que el tránsito vehicular es un importante generador de ruidos y vibraciones. En este sentido el proyecto impacta de manera directa de la siguiente manera:

- Desmotivación por el uso del transporte particular.
- Disminución del transporte público.

Por tal razón se esperaría que estas emisiones disminuyan una vez que se encuentre operando el proyecto de BRT Tuz-Bus.

Recursos culturales e históricos y sus interacciones:

La ciudad de Pachuca cuenta con una serie de monumentos que aunque pudieran ser recientes son considerados como históricos, principalmente los inmuebles ubicados en la Zona Centro. También cuenta con espacios de esparcimientos y culturales como las Unidades Deportivas, el parque Ben Gurion, el Museo del Rehilete, entre otros.

El proyecto no modificará de ninguna manera los elementos históricos y culturales de la Zona Metropolitana de Pachuca.

Clasificación del proyecto, respecto al MASTU.

Una vez identificado los impactos puede realizarse la clasificación del proyecto de acuerdo al Marco de Salvaguarda Ambiental y Social para el Transporte Urbano (MASTU).

Mastu clasifica en 3 categorías los proyectos de transporte urbano de acuerdo a las afectaciones ambientales que se realizarán. Dichas afectaciones son las siguientes:

Tabla 36 Categorías de proyecto de acuerdo a MASTU

Afectación y/o Condición	Categoria A	Categoria B	Categoria C
Topografía	Zonas con alta pendiente	Topografía ondulada	Topografía plana
Áreas industriales	Zonas con industria que contamine suelos	Cercana a industrias que contaminen suelos	No está cerca de industrias que contaminen el suelo
Humedales	Cercana a humedales	Pasa cerca de humedales	No hay humedales afectados
Canalizaciones o ríos urbanos	Afecta directamente	Se encuentra cerca	Afecta solo drenaje pluvial
Tala de árboles	Más de 100 árboles	Hasta 100 árboles	Afectaciones mínimas a árboles y vegetación
Reasentamiento físico	Más de 200 personas incluyendo pérdidas parciales o totales de vivienda	Menor de 200 personas	Se afectan inmuebles o solo unos pocos, y solamente el 10% o menos están habitados
Actividades productivas	Pérdida de 10% o más de activos productivos	Pérdida menor de 10% de activos productivos	Afectaciones parciales, no requiere desplazamientos
Patrimonio cultural	Riesgo de pérdida	Impactos pueden ser mitigados	No existen riesgos

Por lo tanto el proyecto se encuentra en la CATEGORIA A del MASTU.

Medidas de mitigación incorporadas al diseño del proyecto para reducir, evitar o prevenir impactos adversos significativos.

Para los impactos negativos que se identificaron se establecen las siguientes medidas de mitigación para su seguimiento durante el proyecto.

Tabla 37 Medidas de mitigación de impactos a la población

Tipo de impacto	Provocado por	Medida de mitigación
Tiempos de traslado	Construcción de terminales y paraderos Construcción de obras complementarias	• Contar con Plan Integral de señalizaciones y rutas alternas en lo que duran las obras. • Priorizar la ejecución de obras en etapas calendarizadas para facilitar el desfogue del tránsito favoreciendo el trabajo en horarios nocturnos, con el fin de evitar afectaciones durante horas de mayor tránsito.

Tabla 38 Medidas de mitigación de impactos a la salud humana

Tipo de impacto	Provocado por	Medida de mitigación
Inhalación de gases	Operación del CTU	• Emisión estimada menor que el transporte actual, aún así realizar el mantenimiento preventivo calendarizado y correctivo con personal calificado para mantener los articulados en buenas condiciones. • Contar con un programa de actualización de la flota vehicular retirando aquella en mal estado mecánico o fuera de la edad permitida de operación, incluyendo las alimentadoras, esto durante toda la etapa de operación del proyecto. • Favorecer la desmotivación por el uso del automóvil particular realizando campañas de concientización a la población. • Establecer y ejecutar un Programa de modernización de la Vía Rápida, enfocado a

Tabla 39 Medidas de mitigación de impactos a la flora y fauna

Tipo de impacto	Provocado por	Medida de mitigación
		elevar su nivel de servicio de la sección vial, considerando la operación del BRT y el resto de carriles disponibles, con el propósito de evitar congestionamientos viales derivados de la reducción de un carril.

Tabla 40 Medidas de mitigación al suelo

Tipo de impacto	Provocado por	Medida de mitigación
Afectación a jardinería y arbolado	Construcción de terminales y paraderos	• Priorizar la reubicación de los ejemplares a afectar en un lugar cercano al que se encuentran contando con un programa de Reubicación, que indique las acciones a seguir para asegurar su sobrevivencia y, en su caso, la tabla de reposición a la que se sujetarán para los que no resulten viables. • Incluir al proyecto un programa de forestación para mitigar el impacto al arbolado.

Tabla 41 Medidas de mitigación al ruido y vibraciones

Tipo de impacto	Provocado por	Medida de mitigación
Ruido y vibraciones por construcción de terminales	Construcción de terminales y paraderos	• Será marginal considerando el ruido vehicular de la zona, aún así deberá mantener en buen estado la maquinaria y equipo durante la construcción implementando programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
Vibración y ruido del articulado	Operación del CTU	• Se estima menor al ruido de la situación actual, deberá de realizarse el mantenimiento preventivo calendarizado por personal debidamente capacitado a las unidades articuladas y alimentadoras.

El proyecto no requiere un cambio de uso de suelo.

Derecho de vía y otros permisos

La implantación del proyecto Tronco-Alimentador se realizará sobre las propias vialidades y camellones, los cuales son parte del patrimonio público de los municipios en los cuales se ubica el proyecto. Como resultado del proceso de coordinación entre el gobierno del estado de Hidalgo, así como también por los significativos beneficios que el proyecto pretende generar a los habitantes de los respectivos municipios, no se prevé una falta de consenso por parte de los Ayuntamientos involucrados para el uso del patrimonio municipal para la ejecución del proyecto.

El proyecto requiere adquirir aproximadamente 5 hectáreas en la zona de Téllez para la implantación de la terminal y talleres. La adquisición de los predios necesarios se pretende realizar mediante negociación entre el nivel estatal y particulares bajo un esquema jurídico de compra-venta. Por lo tanto, el proyecto no involucra procesos de indemnización ni expropiaciones.

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 Fideicomiso Metropolitano del Valle de México, el cual, de acuerdo a los estatutos propios, requiere de un análisis socioeconómico con resultados positivos para liberar los recursos transferidos de la federación del Fondo Metropolitano. Estos permisos serán otorgados por los gobiernos estatales y por los municipales que conforman la Zona Metropolitana de Pachuca, los cuales son promotores de la iniciativa de mejora en la movilidad masiva.

Análisis Técnico para la Determinación de la Tarifa

La implantación del proyecto supone que la tarifa de los usuarios del BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez se mantendrá de acuerdo a la indexación que ha seguido en los últimos años la relación de tarifas del transporte público convencional, la cual actualmente es de Mx 5.50. Así mismo, una vez implantado el proyecto se cobrará un monto de Mx 2.00 por transbordo, lo cual supone una reducción del costo de viaje pagado por los usuarios bajo el escenario “Situación Actual”, ya que, en términos prácticos, el transbordo supone pagar nuevamente una tarifa de Mx 5.50, pues actualmente la ZMP no cuenta con un proceso de integración tarifaria.

Tarifa Técnica.

La tarifa técnica se calcula con base en 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 plazos. 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 del estado de Hidalgo intervenga mediante un subsidio operativo. (ii) Si bien el total de costos operativos será cubierto por la tarifa, la asignación específica de la estructura tarifaria debe prestar atención 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 ZMP, 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 Mx 5.506 y (ii) la tarifa técnica resultante en el proceso de planeación de las troncales y alimentadoras.

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	= Mx 5.50
Segundo viaje en articulado o alimentador	= Mx 2.00.

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.

Sensibilidad de la Demanda a la Tarifa

Estimación de la elasticidad de la demanda

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:

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

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) = 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 la Zona Metropolitana de Pachuca.

En estudios empíricos sobre transporte masivo se ha encontrado la evidencia de que la demanda por transporte masivo es muy inelástica, sobre todo 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 Zona Metropolitana de Pachuca la elasticidad puede 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 altas frecuencias.

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.

Sin embargo, el incremento en la tarifa para incrementar los ingresos no es algo deseable socialmente, ni benéfico 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.

Integración tarifaria

Los niveles tarifarios del sistema BRT dependen tanto de las tarifas actuales que los usuarios pagan en el sistema de transporte de la ciudad como de las condiciones financieras del sistema BRT.

Para efectos de la modelación de la demanda no se ha considerado el efecto de la tarifa en la demanda. Se considera que las tarifas cobradas en el Sistema de BRT serían mantenidos cerca de los valores de las tarifas pagadas por los usuarios hoy.
Dada la variación pequeña anticipada de la tarifa y la falta de otras opciones para el transporte público, se considera que la demanda es prácticamente inelástica con pocas variaciones de la tarifa.

La integración tarifaria bajo la "Situación con Proyecto" considera exclusivamente la interacción entre los buses de la troncal y las unidades en las 19 rutas de alimentación. Por lo tanto, en una primera fase se descarta integración tarifaria entre rutas intermunicipales y el resto de rutas urbanas con el sistema BRT, aunque esta política de integración tarifaria podría ser revisada en un análisis subsecuente. Cabe subrayar que este esquema refleja la situación actual, en la cual las tarifas de rutas foráneas están determinadas específicamente para cada ruta sin ninguna integración con las rutas urbanas.

Estructura del Modelo de Negocio de la Empresa Operadora de Buses Troncales y Alimentadores.

La estrategia del modelo de negocio para la empresa transportista operadora del sistema tronco-alimentador del Corredor 1: Centro-Téllez en la Zona Metropolitana de Pachuca plantea los siguientes objetivos:

1. Maximizar la calidad del servicio y la seguridad operativa para los usuarios en el largo plazo. De nada serviría un negocio rentable para los operadores del transporte si el modelo de negocio no incorpora objetivos de calidad y seguridad en el servicio.

2. Minimizar el costo del servicio en el largo plazo. El modelo de transporte tiene por objetivo transitar del modelo actual de transporte masivo, el cual se caracteriza por ineficiencias operativas las cuales son subsidiadas a través de incrementos a la tarifa hacia un modelo de negocio el cual permita alinear los incentivos de manera que las eficiencias operativas se traduzcan en mayor rentabilidad para el operador, pero al mismo tiempo un menor costo para el usuario del sistema tronco-alimentador.

3. Maximizar el beneficio público a partir de los recursos erogados por parte de fuentes gubernamentales. El modelo de negocio propuesto a los transportistas debe asegurar que los recursos públicos invertidos en el proyecto –*tanto por el Fondo Nacional de Infraestructura como también por el gobierno del Estado de Hidalgo*- alcancen la rentabilidad social estimada, de manera que pueda maximizarse el uso de la infraestructura.

4. Maximizar el nivel rentabilidad de la inversión del sector privado en el horizonte del proyecto. Una de las premisas esenciales del modelo de negocio contempla la necesidad que los transportistas que operen tanto la troncal como las líneas alimentadoras alcancen un suficiente nivel de rentabilidad sobre su inversión. Esto supone que el modelo de negocio planteado sea suficiente

para que el operador sufrague los costos y cumplimientos del apalancamiento con bancos del material rodante, generar el flujo para cubrir los pagos operativas del sistema, así como también alcanzar una rentabilidad sobre el capital invertido de al menos un 15%. De no lograrse esta premisa de rentabilidad, difícilmente alguna empresa operadora mostrara interés en participar en el proyecto.

En el "Corredor 1: Centro-Téllez" la operación de material rodante tanto de la troncal como de las rutas alimentadoras se realizara de manera exclusiva por medio de inversión privada. Esta decisión se toma con base al éxito operativo registrado en la evidencia empírica nacional como internacional en operación privada de sistemas bajo la modalidad de BRT, como también por dar cumplimiento a la exigencia de la participación privada por parte de los lineamientos dictados por el propio FONADIN. El marco regulatorio de la empresa privada tiene por objetivo el crear un ambiente de eficiencia y transparencia, de manera que se evite incurrir en incentivos desalineados e incluso un posible margen a prácticas de corrupción. La evidencia indica que una sociedad pública-privada efectiva desempeñará el papel vital en el desarrollo y el mantenimiento de un ambiente competitivo de transporte.

El marco regulatorio del modelo de negocio registrara el diseño para el cumplimiento de diversos factores críticos para el bienestar público y la rentabilidad de la empresa operadora. De acuerdo a la experiencia identificada en otros sistemas se pretende que el "Corredor 1: Centro-Tellez Tuzo-bus" incorpore las siguientes cuatro mejores prácticas:

- Desarrollar un proceso justo y transparente;
- Asegurar suficiente competencia por el mercado;
- Contratación con incentivos de calidad;
- Contratación limitada en el tiempo.

El modelo de negocio resulta fundamental para la óptima operación del sistema tronco alimentador, ya que un correcto modelo de incentivos financieros puede incentivar a los operadores de transporte en participar en la concesión para operar con altos niveles de calidad y desempeño el sistema de BRT. La aplicación de un sistema incorrecto de incentivos hará que los operadores compitan entre ellos de una forma que arriesga la sostenibilidad financiera y la seguridad del usuario. El éxito de los sistemas BRT se debe en gran medida al logro de una estructura de incentivos exitosa para los operadores, para el municipio y, lo más importante, para el usuario.

La estructura de negocio del proyecto de movilidad Pachuca tiene por objetivo crear una fuerte competencia por el mercado. Este uso estratégico de motivaciones competitivas significa que las empresas operadoras tienen que competir agresivamente mediante una licitación para que se les permita operar el sistema tronco-alimentador del "Corredor 1: Centro-Téllez Tuzo-bus", mediante el menor costo de retribución y la mayor capacidad técnica para operar. Sin embargo, una vez que se han seleccionado la (s) empresa (s) ganadora (s), no habrá competencia en las calles para luchar con otras compañías por los pasajeros en la troncal. Este proceso incluye el compromiso del regulador para aplicar la fuerza de la ley para eliminar cualquier competidor ilegal que canibalice la demanda de la troncal.

El mecanismo principal para controlar la competencia en el mercado es remunerar a la empresa operadora de la troncal por los kilómetros por vehículo de servicio y no por el número de pasajeros transportados, como sucede en la "Situación Actual". Por lo tanto, la empresa operadora del sistema tendrá un incentivo para proporcionar un alto nivel de servicio, al mismo tiempo que este modelo evita generar practicas

negativas tales como la conducción imprudente, el exceso de velocidad, bajos márgenes de utilidad, y cerrar a otros vehículos de transporte para ganar una ventaja.

Si bien en otras troncales de BRT se puede lograr una mayor competencia al permitir múltiples contratos de concesión a los largo del mismo corredor, en el caso de Pachuca no necesariamente puede considerarse este punto, ya que la existencia de varias compañías por la demanda limitada de alrededor de 150 mil pasajeros diarios podría crear una deseconomías de escala. Sin embargo, a pesar de contar con una sola empresa, el regulador del sistema puede cambiar las operaciones como respuesta a cambios en la demanda, sin cambiar los contratos de funcionamiento, ya que realiza una compensación económica por kilómetro recorrido.

El "Corredor 1" plantea la incorporación de un modelo operativo de funcionamiento basados en un número mínimo de kilómetros por vehículo en la duración del contrato, los cuales aproximadamente se estiman en un millón de kilómetros por bus de 12 m –*articulado*-, los cuales empatan con una vida útil de la unidad de aproximadamente 7 años, con un recorrido diario de 411 kilómetros diarios. Bajo esta lógica, los operadores se les garantiza cierto número mínimo de kilómetros por vehículo en la duración de sus contratos de funcionamiento, pero los contratos no especifican en qué corredor serán asignados estos kilómetros, esta flexibilidad da Gobierno del Estado de Hidalgo la posibilidad de reasignar los buses a futuros corredores, sin cambiar los contratos de financiamiento. Ante la imposibilidad de estimar por anticipado cuántos pasajeros tendrá un nuevo corredor de BRT, y como esta demanda puede cambiar en el tiempo con la adición de corredores nuevos, esta flexibilidad del sistema llega a ser cada vez más importante para la eficacia operacional total, a medida que los sistemas se amplían.
Con la intención de garantizar un proyecto exitoso de "Corredor 1", el modelo de negocio de la empresa operadora incorpora las siguientes características:

- Transparencia
- Claridad
- Simplicidad
- Eficiencia
- Integridad
- Riesgo

Transparencia y claridad. Para el caso del "Corredor 1: Centro-Téllez Tuzo-bus" se pretende realizar un proceso de contratos y concesiones abiertas y justas, pero a su vez limitativo de manera exclusiva para aquellas rutas actuales cuyos derroteros registren al menos un 40% de la trayectoria seguida por la troncal del proyecto, de manera que en el modelo de asignación de contrato tendrán preferencia aquellas rutas que actualmente movilizan a la demanda de la troncal. Los procesos de oferta serán anunciados adecuadamente para atraer a tantos participantes –*dentro del núcleo restringido*- como sea posible. En el conjunto de rutas seleccionadas, no debe existir la percepción de que algún participante tiene alguna ventaja inherente sobre otro. Las reglas y el proceso deben ser claros y suficientemente específicos como para que los malentendidos están reducidos al mínimo. Las fechas para la sumisión de los documentos de propuesta deben elegirse para darles a todos una oportunidad justa.

Idealmente, los incentivos correctos conducirán directamente al comportamiento competitivo de un ambiente positivo. La simplicidad en la estructura del esquema de incentivos puede contribuir así a un ambiente de claridad contractual. Sin embargo, la simplicidad no quiere decir que los contratos y los documentos de las concesiones carecerán del rigor legal necesario. En vez de eso, los documentos no

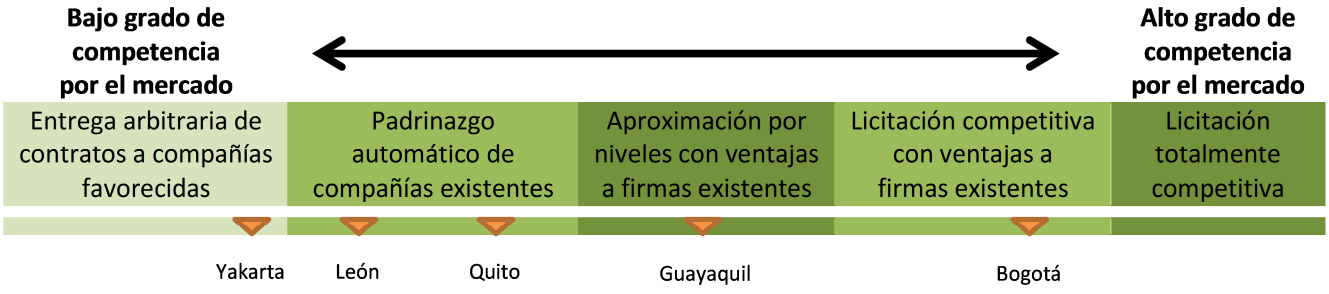
deben ser tan complejos como para que ocurran malentendidos o que se presenten oportunidades para participar. El modelo de negocio tiene por objetivo brindar los incentivos necesarios a los operadores privados y a los reguladores del sistema, para que reduzcan el costo de sus operaciones y maximicen la *eficiencia* operacional.

La *integridad* del proceso competitivo implica que los contratos serán honrados y respetados. Por ejemplo, un cambio de sentido en la política no debe significar que los contratos queden negados o sean renegociados por la fuerza. Mantener la integridad del proceso no significa que los contratos sean totalmente inflexibles. Se pueden incluir explícitamente oportunidades de renegociación que provenga quizás de circunstancias extraordinarias, debe implicar procedimientos abiertos y justos.

El *riesgo* es una parte importante del modelo de negocio para asegurar que la empresa operadora de la troncal y rutas alimentadora se incentive hacía la provisión de un servicio de calidad. El elemento del riesgo implica que si los operadores no se desempeñan bien habrá castigos financieros sobre su retribución por el servicio e incluso la posibilidad del retiro de la concesión misma. Sin la existencia de un posible riesgo de castigo financiero o pérdida de la concesión, la capacidad de influencia del municipio de Pachuca para controlar el desempeño del sistema se compromete en gran medida.

En el marco de la clasificación del "Espectro de Competitividad para la Contratación de la Empresa Operadora", el modelo de negocio de la tronco-alimentador de Pachuca plantea un proceso de licitación competitiva con ventajas a para las firmas existentes, lo cual supone el aseguramiento de un costo operativo sujeto a una competencia de mercado pero al mismo tiempo la posibilidad de que los operadores locales no obstaculicen la implantación del proyecto –*mediante manifestaciones o amparos*- bajo el supuesto caso que no fuesen involucrados como parte del proyecto de movilidad. La asignación del contrato mediante un modelo de "Bajo Grado de Competencia por el Mercado" supondría un posible debilitamiento del regulador para alcanzar objetivos de calidad y eficiencia del nuevo sistema, lo cual podría promover la perpetuación de los problemas operacionales que se viven en la "Situación Actual". Mientras que la implantación de una alternativa totalmente contraria, como lo supone un "Alto Grado de Competencia por el Mercado" crearía un posible marco de conflicto permanente con los actuales operadores del sistema.

Ilustración 26 Espectro de competitividad para la contratación de la empresa operadora



Un proceso competitivo de licitación asegura que las empresas operadoras que ofrecen la mejor calidad, los servicios más rentables y cuyas rutas estén involucradas en la trayectoria de la troncal propuesta sean invitadas a participar en el nuevo sistema de BRT. Un proceso de licitación puede hacer mucho para dale forma a la sostenibilidad del sistema a largo plazo. El modelo de competencia no sólo se reserva para los operadores de las líneas troncales del sistema BRT, sino que también incluye otros componentes del

proyecto, como los servicios de alimentadores, los sistemas de recaudo de tarifas, la administración del centro de control y el mantenimiento de la infraestructura.

A continuación se describen los lineamientos del modelo de Negocio del Empresa Operadora:

- La empresa operadora será seleccionada mediante una licitación pública para la obtención de concesión de transporte para la troncal y líneas alimentadoras por un plazo de 11 años, el cual podrá ser renovable si la empresa muestra una operación satisfactoria.

- El licitante ganador se decidirá con base a tres premisas fundamentales: (i) Calidad moral (ii) la propuesta del menor costo por kilómetro de remuneración y (iii) la cancelación del mayor número de títulos de concesión de rutas que canibalicen el trazo de las alimentadoras o bien la misma troncal en un más de un 40%.

- La dimensión de la troncal supone que una sola empresa operara el sistema de BRT denominado "Corredor 1", por lo cual un conjunto de empresas existentes de transporte convencional deberán asociarse para consolidar una sola empresa operadora.

- El modelo operación de la empresa incluye la operación tanto de la parte de la troncal como de los alimentadores, por lo cual no podrá considerarse la posibilidad de que existan dos empresas distintas para cada modo de transporte.

- El esquema de remuneración se basa en un costo por kilómetro para los buses articulados -*18 metros*- así como una remuneración a razón del 50% sobre pasajeros transportados y un 50% sobre kilómetros recorridos en las rutas alimentadoras. La remuneración se establecerá con base a un modelo de negocio que garantice los pagos de la totalidad de los costos operativos en que incurra la empresa operadora –*los niveles de costos operativos se definirán con la experiencia de otros sistemas BRT a nivel nacional e internacional*- , así como también una estimación de una Tasa Interna de Retorno -TIR- sobre el capital equivalente al 15%.

- El modelo de negocio supone que la operación del BRT deberá sufragarse de manera exclusiva con la tarifa, por lo cual no existe la posibilidad de que alguna instancia de gobierno realice subsidios a la operación. La tarifa tendrá un ajuste inflacionario, mediante la estimación de una canasta de costos, sin embargo, el modelo tiene como objetico no reproducir vicios actuales en los cuales se pretenda cubrir cualquier ineficiencia operativa con incrementos de tarifa por encima de la inflación.

- La optimización de la oferta consiste en reducir de 250 unidades de transporte de baja capacidad a 41 unidades de 12 metros. En este proceso de optimización, el modelo de negocio no supone involucrar a estas unidades desplazadas en el modelo Tronco-Alimentador, ya que estas unidades desplazadas en su mayoría se encuentran fuera de norma –*tanto antigüedad mayor a 11 años como permisos irregulares*-.

- La estructura financiera de la empresa operadora sugiere un apalancamiento del 75%. El 25% de la conformación de Equity supone un mecanismo para financiar los posibles flujos de efectivos negativos que se prevén en los primeros años de operación.

- El esquema de modelo de negocio está diseñado para alienarse con aquellos incentivos orientados a consolidar diversos objetivos del proyecto como por ejemplo: Seguridad, puntualidad, eficiencia,

reducción de emisión, entre otros. Para lo cual, la empresa operadora el operador estará sujeta a una serie de castigos ante el incumplimiento el cual puede cariar desde la suspensión de operadores, reducción de kilómetros remunerados, hasta la cancelación de la propia concesión en un caso extremo.

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

La oferta en el escenario con "Situación con Proyecto" se clasifica en Buses de la Troncal y Buses de la Alimentación.

BUSES DE LA TRONCAL. Los servicios troncales constituyen la columna vertebral del sistema de BRT y son responsables de transportar a la mayoría de los pasajeros que utilizan el sistema. Este tipo de servicios operan en carriles exclusivos de alta velocidad y hacen todas sus paradas en estaciones con plataformas de embarque/desembarque, mientras que el proceso de pago de la tarifa se realiza fuera del vehículo de transporte.

Diseño de las rutas troncales

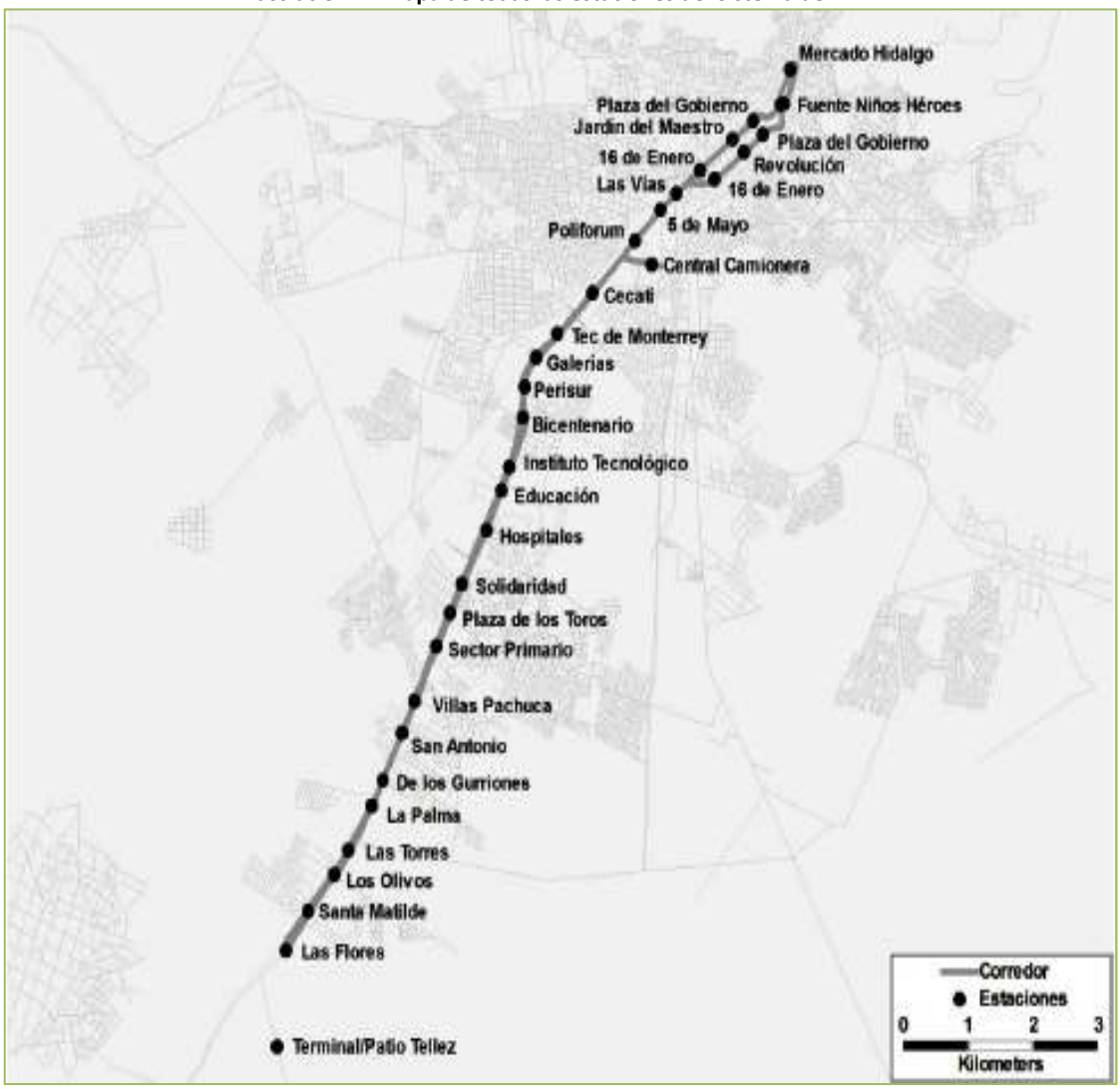
El diseño operacional de los servicios troncales de BRT registra la ventaja de operar varios servicios expresos sin que esto conlleve a la necesidad de inversiones adicionales en infraestructura. La oferta de estos servicios, a través del diseño de rutas que ofrecen servicios a estaciones distintas, permite una aproximación muy cercana de la oferta a la demanda. Por esta razón se presenta el diseño de cinco rutas troncales, incluyendo un servicio parador y cuatro servicios expresos.
La oferta de buses sobre la troncal registra dos tipos de servicios Exprés, el cual une dos puntos de movilidad sobre la troncal sin necesidad de detenerse en todos los paradores y el segundo, el cual se denomina servicio "parador", cuyas características consisten en detener las unidades en todos los paradores para realizar operación de ascenso y descenso de pasajeros de la troncal. El servicio parador tiene el objetivo de atender la demanda en cada estación sobre el Corredor, en cuanto los servicios expresos atenderán estaciones seleccionadas a lo largo del Corredor.

En el caso de Pachuca, el patrón de movilidad de Pachuca difiere de la gran mayoría de comportamientos identificados en zonas urbanas, ya que este tipo de sistemas típicamente tienen viajes pendulares, donde la mayoría de los viajes inician en un extremo del Corredor y terminan en el otro extremo o en el medio del Corredor. En el caso de Pachuca, este proceso es muy diferente, ya que en la Zona Metropolitana a lo largo del Boulevard Felipe Ángeles se registran varios micro-centros (origen/destinos), tal como Venta Prieta, Galerías y el Plaza de Gobierno / Centro de Pachuca.

Con este patrón de demanda, el esquema que más optimiza el tamaño de la flota y ofrece el mejor servicio es una combinación de líneas exprés. En algunos tramos del Corredor, estos servicios operan con paradas limitadas, mientras que en otros tramos, estos servicios operan como servicios paradores, los cuales realizan ascensos y descensos en cada estación.

El proyecto de movilidad incluye 30 estaciones en total, incluyendo la Estación Central Camionera (fuera del Corredor) y la Terminal/Patio sobre Av. Téllez.

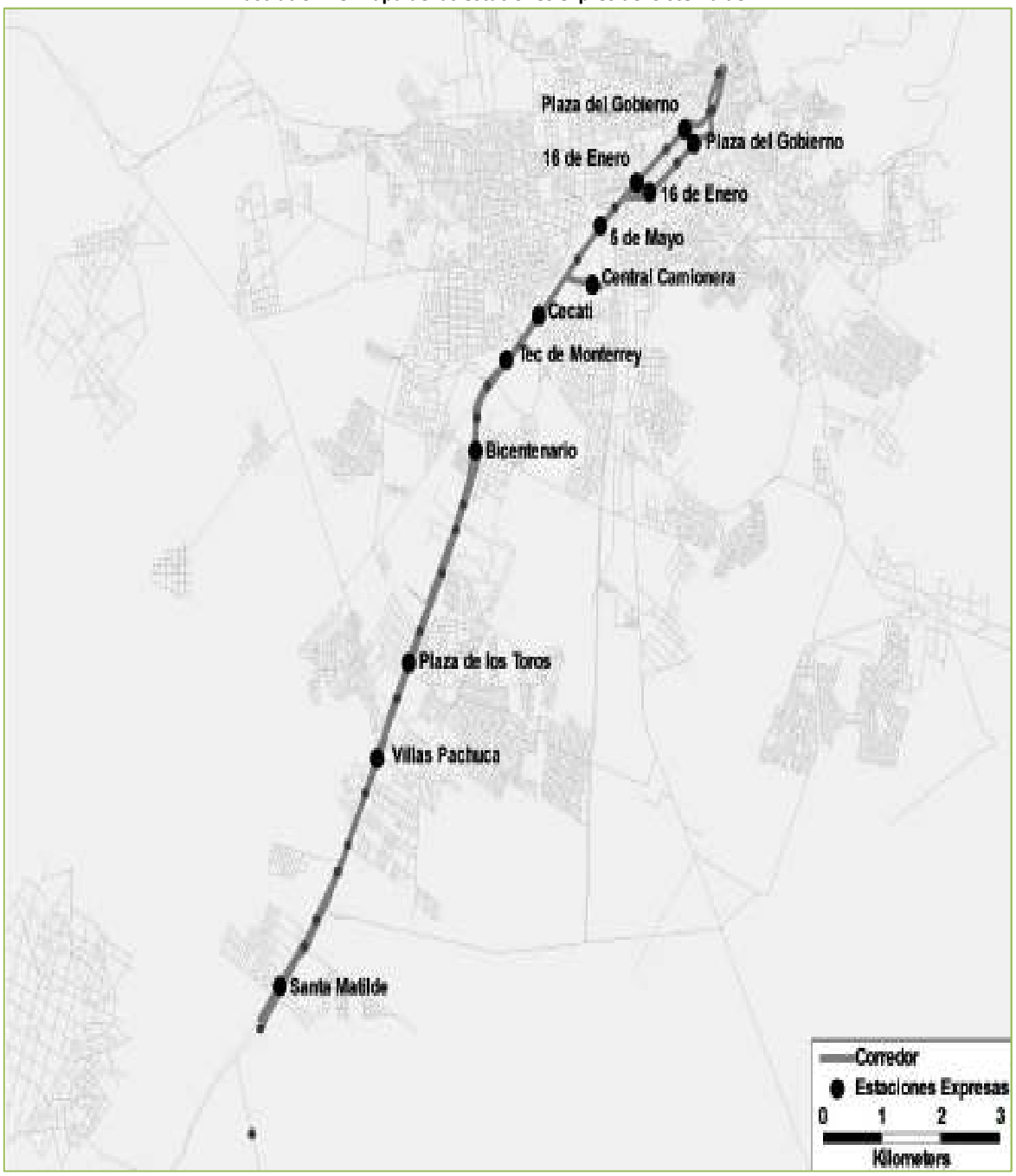
Ilustración 27 Mapa de todas las estaciones del Sistema de BRT.



Fuente: ITS Technology de México

Hay diez estaciones que tendrán servicio de las rutas exprés. Es importante mencionar que una vez implantado el proyecto, más del 50% de la demanda total del sistema utilizará las estaciones de servicios exprés.

Ilustración 28 Mapa de las estaciones exprés del Sistema de BRT



Fuente: ITS Technology de México

La tabla siguiente identifica el tipo de servicio disponible en cada estación del Corredor de BRT.

Tabla 42 Servicios troncales por estación.

Estación	Servicios				
	Expreso T01	Expreso T02	Expreso T03	Expreso T04	Parador T05
Mercado Hidalgo				X	X
Fuente Niños Héroes				X	X
Plaza del Gobierno		X	X	X	X
Revolución/Jardín del Maestro			X		X
16 de Enero		X	X	X	X
Las Vías			X		X
5 de Mayo		X	X	X	X
Poliforum			X		X
Central Camionera	X				
Cecati	X	X	X	X	X
Tec de Monterrey	X	X	X	X	X
Galerías		X			X
Perisur		X			X
Bicentenario	X	X	X	X	X
Instituto Tecnológico		X			X
Educación		X			X
Hospitales		X			X
Solidaridad		X			X
Plaza de los Toros	X	X	X	X	X
Sector Primario		X			X
Villas Pachuca	X	X	X	X	X
San Antonio				X	X
De los Gurriones				X	X
La Palma				X	X
Las Torres				X	X
Los Olivos				X	X
Santa Matilde	X	X		X	X
Las Flores					X
Terminal/Patio Telléz					X

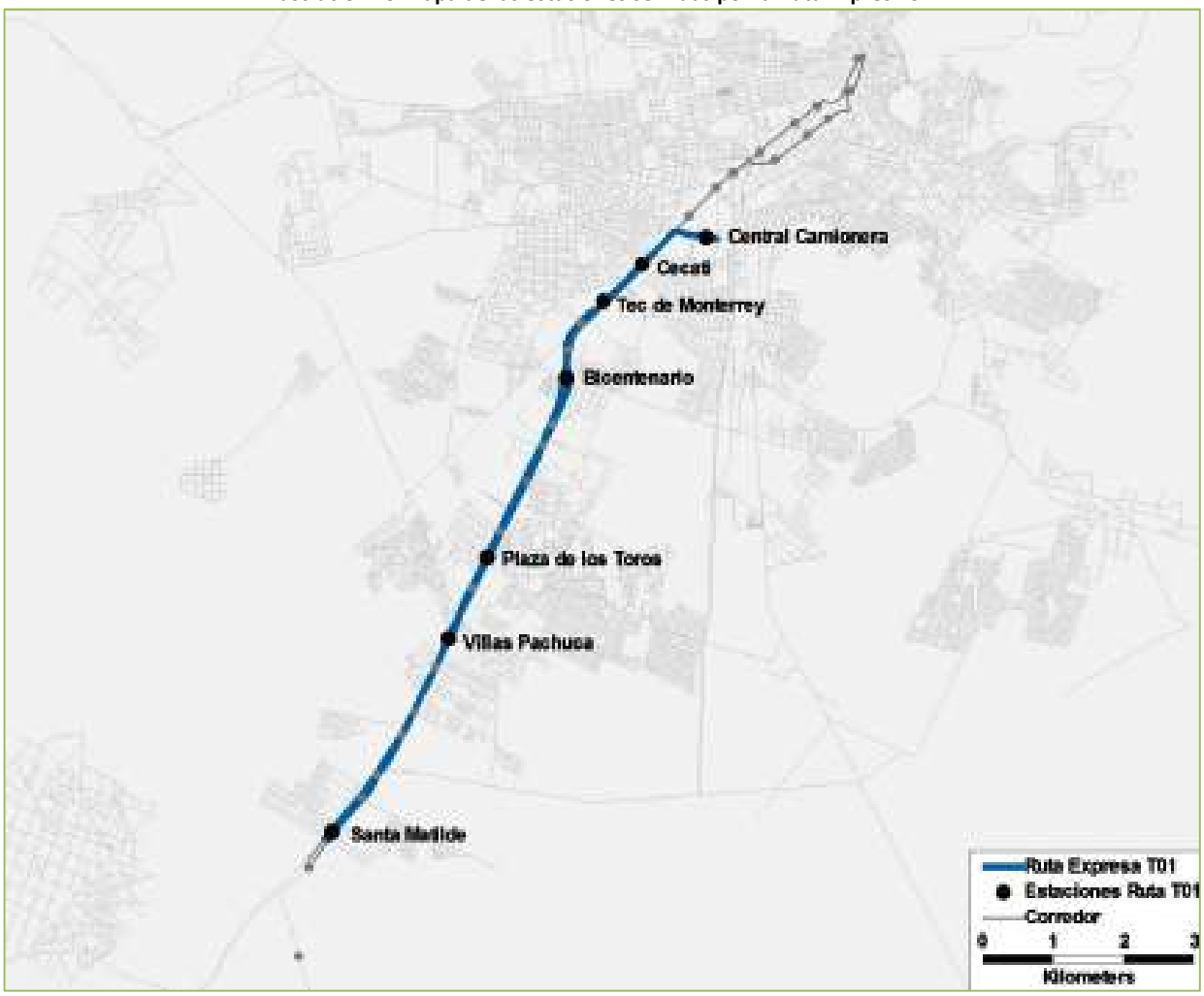
Fuente: ITS Technology de México

En las figuras inferiores se ilustra el esquema de operación y se describe cada servicio en detalle de las cinco rutas de la troncal.

Ruta exprés T01 – Central Camionera

La ruta exprés T01 conecta la Estación Santa Matilde con la Central Camionera con paradores limitados a las estaciones exprés en todo este tramo. Este servicio vinculará de manera directamente el sistema de BRT con la Central Camionera, aumentando la accesibilidad de la Central Camionera y así mismo reforzará la alimentación de la troncal.

Ilustración 29 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T01.



Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 30 Mapa de la Ruta exprés T01.

Fuente: ITS Technology de México

Ruta exprés T02

La ruta exprés T02 conecta la Estación Santa Matilde con la Estación Plaza del Gobierno. Entre la Estación Santa Matilde y Villas de Pachuca, este servicio operará sólo en aquellas estaciones designadas para rutas exprés. Esta ruta registra un trazo desde la Estación Villas de Pachuca hasta la Estación CECTAI, la cual ofrecerá servicio parador. Finalmente, en su último tramo entre la Estación CECATI y la Estación Plaza del Gobierno, operará sólo en estaciones exprés.

Ilustración 31 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T02.

Fuente: ITS Technology de México

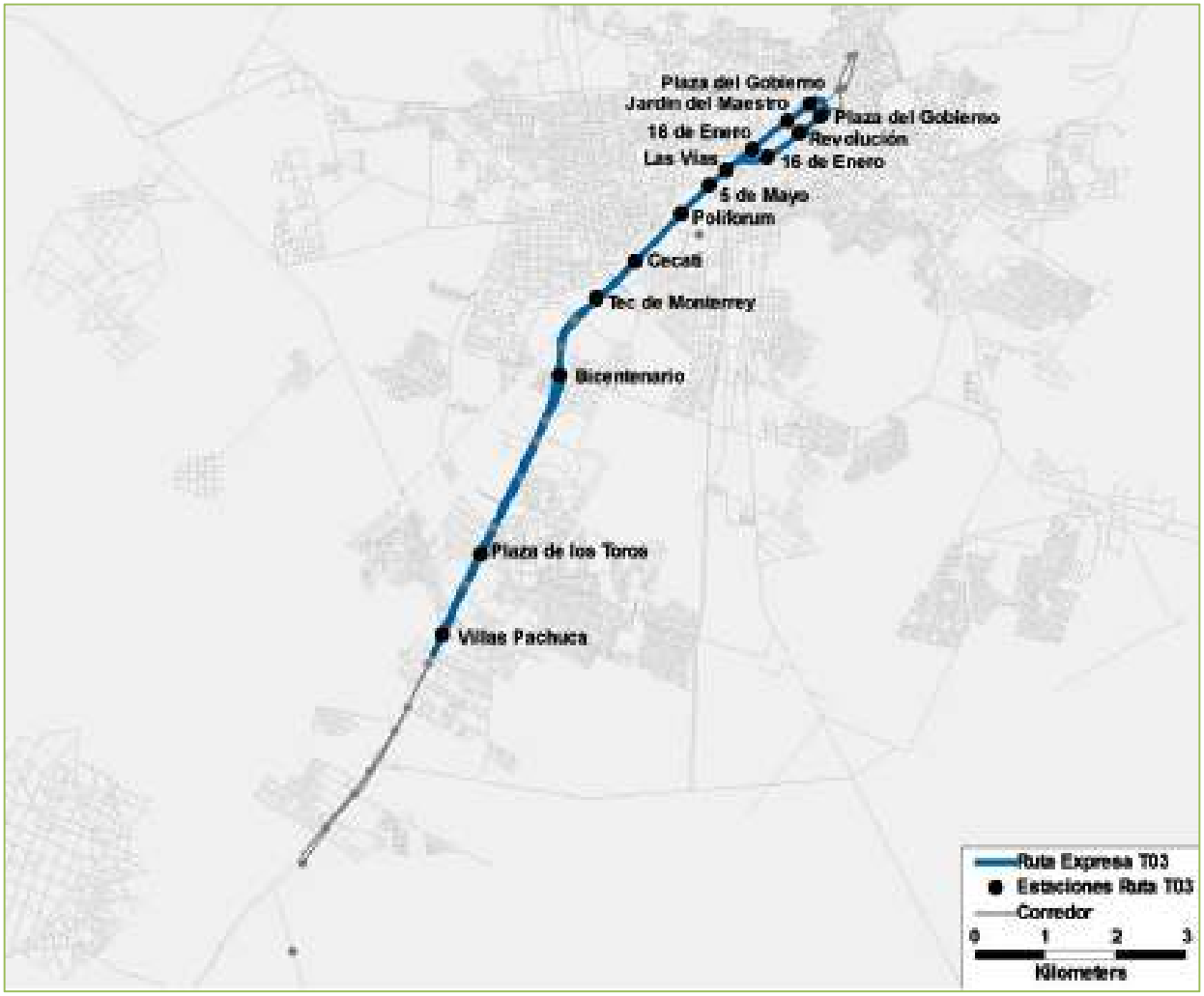
Ilustración 32 Mapa de la Ruta exprés T02.

Fuente: ITS Technology de México

Ruta exprés T03

La ruta exprés T03 conecta la Estación Villas de Pachuca con la Estación Plaza del Gobierno. Entre la Estación Villas de Pachuca y la Estación CECATI operará en estaciones exprés y entre la Estación CECATI y la Estación Plaza del Gobierno operará como un servicio parador.

Ilustración 33 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T03.



Fuente: ITS Technology de México

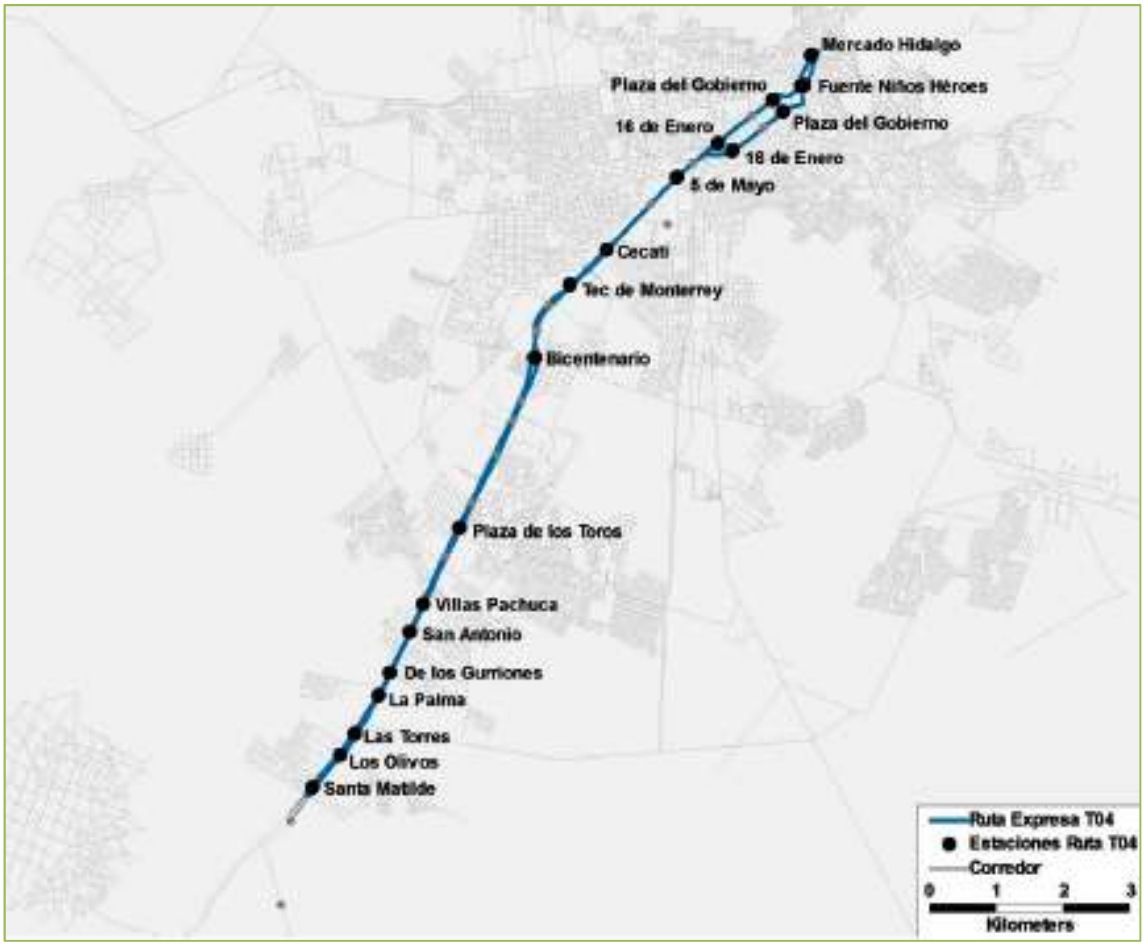
Ilustración 34 Mapa de la Ruta exprés T03.

Fuente: ITS Technology de México

Ruta exprés T04

La ruta exprés T04 conecta la Estación Santa Matilde con la Estación Mercado Hidalgo. Entre la Estación Santa Matilde y la Estación Villas de Pachuca, el servicio operará como parador (realizando ascensos y descensos en todas las estaciones). Así mismo, entre la Estación Villas de Pachuca y Plaza del Gobierno operará solamente en estaciones exprés y en el tramo final hasta la Estación Mercado de Hidalgo operará como servicio parador (no exprés).

Ilustración 35 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Exprés T04.



Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 36 Mapa de la Ruta exprés T04.

Fuente: ITS Technology de México

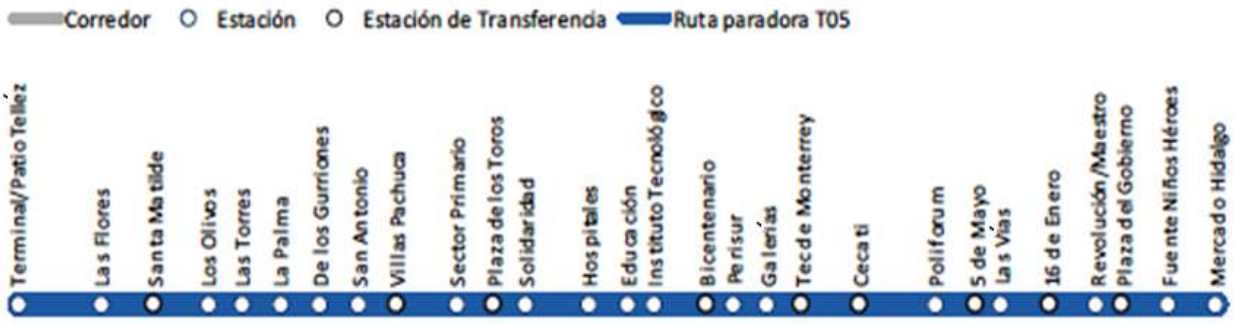
Ruta paradora T05

La ruta paradora T05 registra un diseño operacional que realizará ascensos y descensos en la totalidad de las 29 estaciones del Corredor, incluyendo la Terminal Téllez, la cual se ubica en el extremo sur del Corredor. Este servicio parará en cada estación, con excepción de la Estación Central Camionera.

Ilustración 37 Mapa de las estaciones servidas por la Ruta Paradora T05.

Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 38 Mapa de la Ruta Paradora T05.



Fuente: ITS Technology de México

OFERTA DE BUSES DE ALIMENTACIÓN. Los servicios alimentadores son considerados dentro del diseño operacional como una extensión de la cobertura del sistema troncal de transporte masivo y su función consiste en permitir el acceso de los residentes de las zonas periféricas de la ciudad al sistema troncal, a través de una integración física, tarifaria, operacional y financiera.

Los servicios alimentadores operan en las cuencas de alimentación, donde el tráfico es mixto –*el piso vial es compartido con transporte motorizado público y privado*-. Estas cuencas de movilidad constituyen zonas urbanas cuya distancia a la estación troncal dificulta el acceso a pie de la población al sistema. El diseño de la oferta de este tipo de rutas alimentadoras se realiza con base en la identificación de zonas urbanas que se caractericen por tener densidades poblacionales capaces de generar una demanda que justifique la implementación de este tipo de servicios de alimentación al sistema.

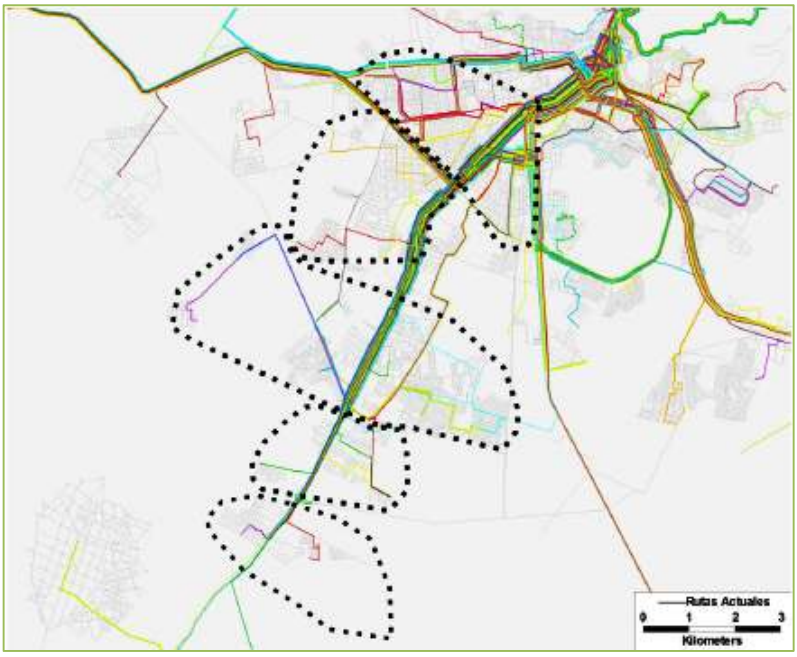
Además, generalmente, este tipo de servicios tiene por objetivo atender a zonas urbanas ubicadas en la periferia, los cuales concentran gran parte de la población con menores ingresos, donde sus habitantes no necesariamente se encuentran con capacidad económica para realizar su patrón de movilidad en un medio de transporte adicional que los desplace hacia la troncal.

Los puntos donde se integran físicamente los servicios troncales y alimentadores se denominan estaciones de integración, que pueden ser de cabecera o intermedias. En el primer caso, las estaciones están ubicadas en los puntos de inicio y finalización de las troncales y el transbordo es directo. En el segundo caso, se encuentran localizadas en algunos puntos a lo largo de las troncales y los pasajeros se integran a través de un puente peatonal o un paso a nivel semaforizado, que los conduce a una estación sencilla sobre el centro de la vía.

La actividad inicial del proceso de alimentación es la delimitación del área en la que se considerará la implementación de los servicios alimentadores del sistema de transporte masivo, la cual se denomina cuenca de alimentación. La definición y delimitación de las cuencas de alimentación consideran los siguientes puntos: La cobertura del sistema convencional de transporte sometido a reestructuración por la implantación del proyecto y los criterios financieros y operacionales y que, a mayor distancia recorrida, los costos operacionales son mayores y la regulación de los buses es más difícil, pues los servicios alimentadores transitan en tráfico mixto.

El área básica de cobertura propuesta considera un radio de aproximadamente 6 km. Sin embargo, no significa que no sea flexible, puesto que adicionalmente se tiene en cuenta la cobertura de las rutas actuales, los patrones de viaje (matriz origen-destino) y la posible rentabilidad de las rutas.
La siguiente figura ilustra las cuencas de alimentación propuestas y las rutas actuales que circulan cerca del BRT Corredor 1 Centro-Téllez en Pachuca.

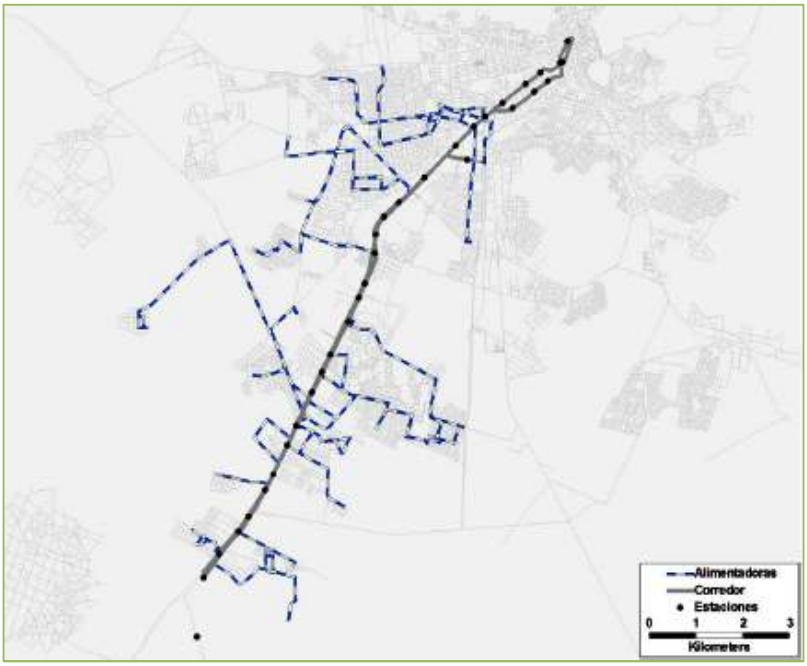
Ilustración 39 Cuencas de alimentación cerca del Corredor de BRT.



Fuente: ITS Technology de México

Con base en los resultados de la modelación y siguiendo los criterios antes mencionados para la definición de la cuenca de movilidad, el sistema de alimentación propuesto incluye 19 rutas alimentadoras. En la siguiente figura se ilustra la cobertura general del sistema de alimentación del Corredor 1.

Ilustración 40 Mapa del Corredor de BRT y las rutas de alimentación del Sistema

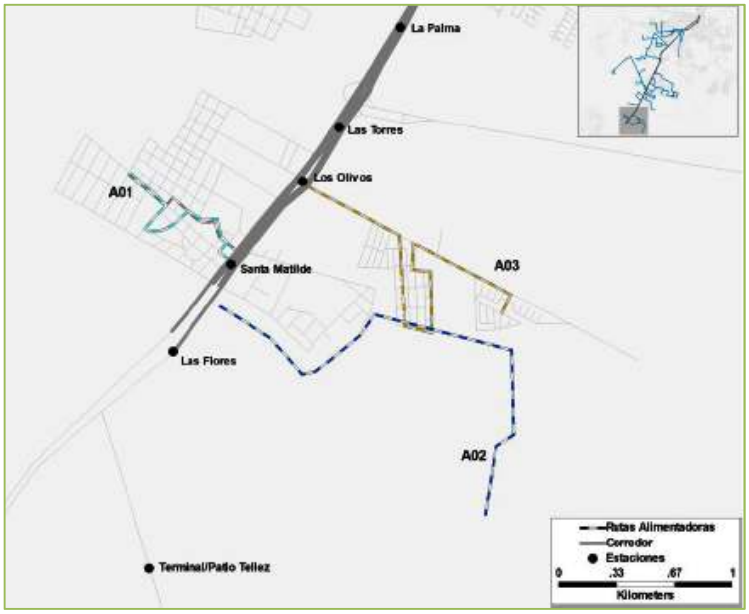


Fuente: ITS Technology de México

En el área metropolitana de Pachuca, el área de la cuenca de alimentación registra un crecimiento relativamente rápido, el cual ha registrado un crecimiento significativamente alto en los últimos cinco años. Para el caso de la modelación, la red de tráfico (calles) disponible en esta área no cuenta con todas las calles existentes que han sido construidas en los últimos años. Por esta razón, algunas líneas (como la A02) salen fuera de la red de tráfico.

Una de las cuencas de alimentación se encuentra en el área de Santa Matilde/Paseo de los Olivos.

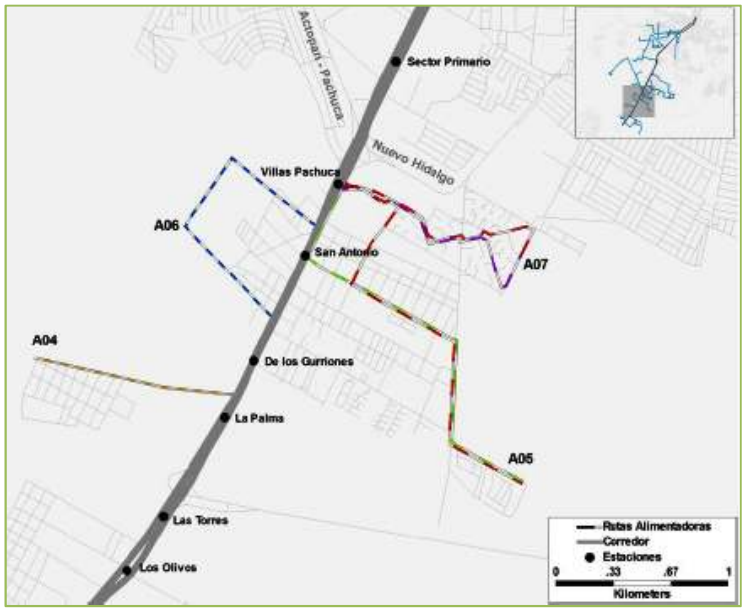
Ilustración 41 Cuenca de alimentación Santa Matilde/Paseo de los Olivos.



Fuente: ITS Technology de México

La cuenca de alimentación Villas de Pachuca/San Antonio también sirve a una población en crecimiento.

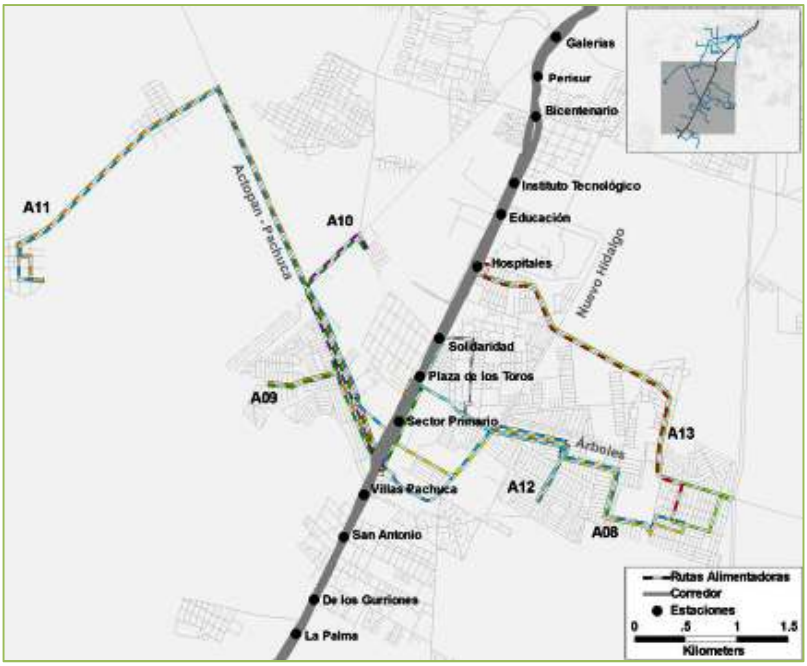
Ilustración 42 Cuenca de alimentación Villas de Pachuca/San Antonio.



Fuente: ITS Technology de México

La cuenca de alimentación Plaza de los Toros atiende un área muy grande en ambos lados del Corredor e incluye el acceso a la Estación Hospitales, donde se encuentra el ISSSTE y el Hospital del Niño.

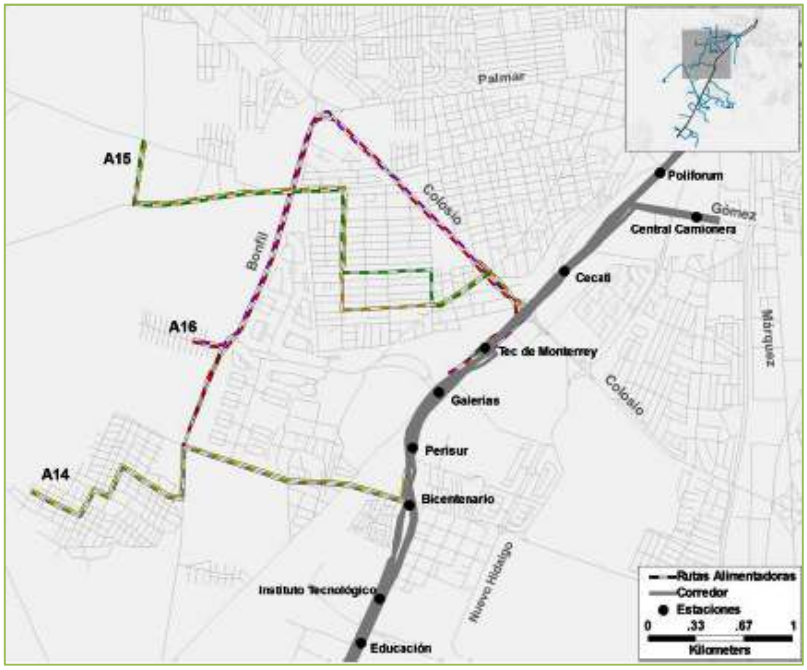
Ilustración 43 Cuenca de alimentación Plaza de los Toros.



Fuente: ITS Technology de México

La alimentación Arbolados/San Cayetano incluye las áreas urbanas de San Cayetano, El Bordo y Arbolados de San Javier. Así también incluye un tramo pequeño del Boulevard Colosio.

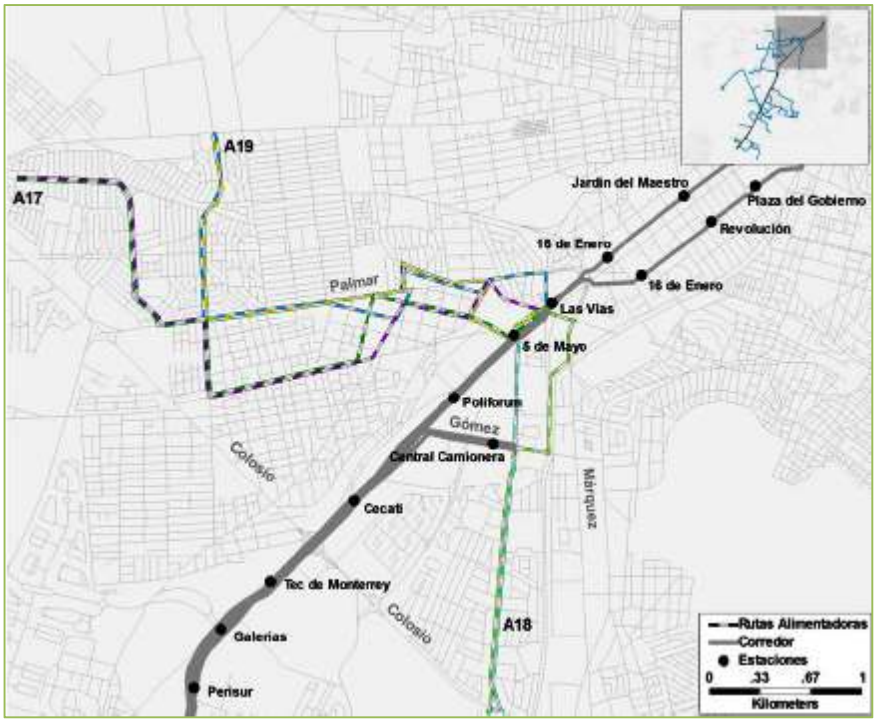
Ilustración 44 Cuenca de alimentación Arbolados/San Cayetano.



Fuente: ITS Technology de México

La última cuenca de alimentación incluye varios vecindarios próximos al Centro de Pachuca, como Santa Julia, Parque de Poblamiento y Real del Valle.

Ilustración 45 Cuenca de alimentación Santa Julia/Parque de Poblamiento/Real del Valle.



Fuente: ITS Technology de México

En el escenario de "Situación con Proyecto", la oferta total del sistema Tronco-Alimentador se integra por un total de 128 unidades, de las cuales 41 buses serán exclusivos para la troncal y cuyas dimensiones serían de una longitud de 12 metros. Las unidades restantes corresponden a los servicios de alimentación, de las cuales 46 unidades son de características tipo vagoneta, mientras que las restantes 41 unidades son microbuses de 8 metros de longitud.

l) <u>Análisis de la Demanda a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión</u>.

La demanda diaria del sistema Tronco-Alimentador en el escenario con proyecto asciende a 150.3 mil pasajeros, lo cual arroja un total de 47.6 millones de pasajeros anuales, bajo la premisa de sólo considerar 317 días típicos anuales.

Las condiciones de diseño operativo pretenden reducir, en el corto plazo, la migración que se ha venido suscitando en los últimos años de transporte público hacia vehículos motorizados privados; prueba de este proceso es el alto crecimiento registrado por este último modo de transporte. En adición a este proceso, el proyecto también pretende transferir usuarios de automóviles hacia este nuevo medio de transporte propuesto por la implantación del proyecto. A pesar de este escenario positivo de demanda, el presente análisis socioeconómico define una serie de parámetros analíticos sumamente conservadores, ya que el crecimiento de la demanda en todos los años del horizonte de evaluación es menor a 2%.

Los patrones de movilidad empleados por los usuarios respecto a sus necesidades de movilidad se mantendrían sin cambio con respecto al escenario de "Situación Actual", ya que, a pesar de la implantación del proyecto, los pasajeros de transporte público mantendrán condiciones similares respecto a sus atractores de viaje como trabajo, estudio u hogar. En este sentido, las condiciones de la demanda permanecerán relativamente constantes, pero con menores Costos Generalizados de Viaje.

El cuadro inferior sintetiza la evolución de la demanda en el escenario con "Situación con Proyecto" durante el horizonte de evaluación; así mismo, se detalla el coeficiente de crecimiento anual de la demanda.

Tabla 43 Demanda y factor de crecimiento – Pasajero por día

AÑO		SITUACION OPTIMIZADA	SITUACION CON PROYECTO	DEMANDA ANUAL (Días Promedio) PROYECTO	FACTOR DE CRECIMIENTO
		DEMANDA	DEMANDA	317.00	
2012	0				
2013	1				
2014	2	150,397	150,397	47,675,849	
2015	3	153,405	153,405	48,629,366	2.0%
2016	4	156,473	156,473	49,601,953	2.0%
2017	5	159,602	159,602	50,593,992	2.0%
2018	6	162,795	162,795	51,605,872	2.0%
2019	7	166,050	166,050	52,637,990	2.0%
2020	8	169,371	169,371	53,690,749	2.0%
2021	9	172,759	172,759	54,764,564	2.0%
2022	10	176,214	176,214	55,859,856	2.0%
2023	11	179,386	179,386	56,865,333	2.0%
2024	12	182,615	182,615	57,888,909	1.8%
2025	13	185,902	185,902	58,930,909	1.8%
2026	14	189,248	189,248	59,991,666	1.8%
2027	15	192,655	192,655	61,071,516	1.8%
2028	16	196,122	196,122	62,170,803	1.8%
2029	17	199,653	199,653	63,289,878	1.8%
2030	18	202,847	202,847	64,302,516	1.8%
2031	19	206,093	206,093	65,331,356	1.6%
2032	20	209,184	209,184	66,311,326	1.6%
2033	21	212,322	212,322	67,305,996	1.5%
2034	22	215,294	215,294	68,248,280	1.5%
2035	23	218,308	218,308	69,203,756	1.4%
2036	24	221,365	221,365	70,172,609	1.4%
2037	25	224,464	224,464	71,155,025	1.4%
2038	26	227,606	227,606	72,151,195	1.4%
2039	27	230,793	230,793	73,161,312	1.4%
2040	28	234,024	234,024	74,185,571	1.4%
2041	29	237,300	237,300	75,224,169	1.4%
2042	30	237,300	237,300	75,224,169	1.4%
		5,669,547	5,669,547	1,797,246,485	

Fuente: elaborado por Rehovot

Supuestos en la determinación de la demanda.

El crecimiento de la demanda en el horizonte de evaluación de 30 años se define en 1.6% para los primeros cinco años de operación del proyecto y un promedio de 1.4% para los restantes años durante la vida de evaluación del proyecto

La Zona Metropolitana de Pachuca se compone por siete municipios, los cuales conforman una superficie de 1,358.8 Km² y una población de 512,196 habitantes. El BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez constituye la columna vertebral del sistema de movilidad de la ZMP, por lo cual esta troncal de movilidad se ve influenciada por la dinámica demográfica de la urbe.

Tabla 44 Población total en la ZMP

Censo de Población INEGI 2010			
Municipio	**Pob. (hab.)**	**Sup. (km²)**	**hab./km²**
Epazoyucan	13,830	174.7	79.16
Mineral del Monte	13,864	77.1	179.82
Pachuca de Soto	267,862	195.3	1,371.54
Mineral de la Reforma	127,404	106.0	1,201.92
San Agustín Tlaxiaca	32,057	354.6	90.40
Zapotlán de Juárez	18,036	131.1	137.57
Zempoala	39,143	320.0	122.32
Total ZMP	**512,196**	**1,358.8**	**3,182.75**

Fuente: INEGI

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

Tabla 45 Evolución demográfica ZMP

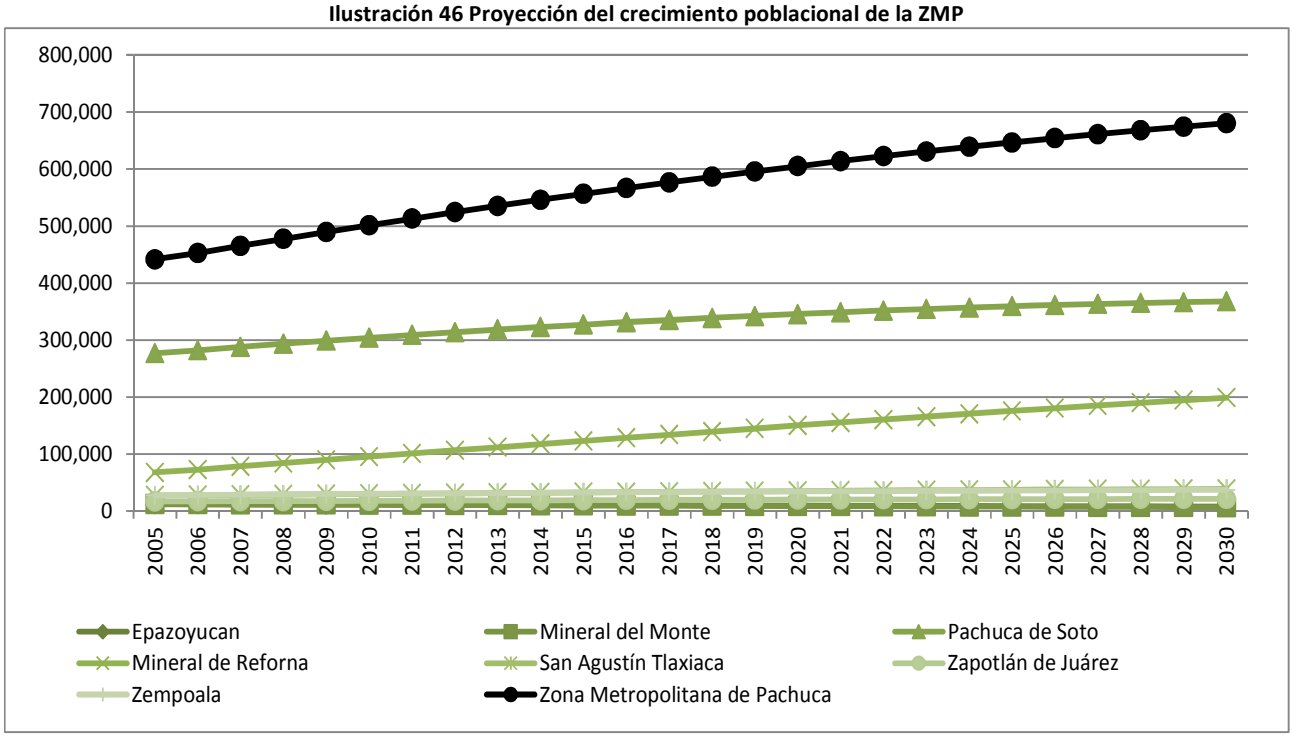
Evolución demográfica de la ZMP		
Año	**Población (hab.)**	**Crecimiento** (1)
1970	152,796	3.0%
1990	276,512	3.6%
1995	330,838	3.2%
2000	375,022	3.0%
2005	438,692	2.8%
2010	512,196	

[1] **Tasa de crecimiento media anual.**

Fuente: INEGI, 2010

Una vez aplicado un promedio ponderado a la serie de crecimiento poblacional de cada uno de los 7 municipios que integran la ZMP, los resultados indican que la Tasa Media de Crecimiento Anual –*TMCA*- será equivalente a 3.11% del año de inicio del proyecto hasta el 2030.

Ilustración 46 Proyección del crecimiento poblacional de la ZMP



Fuente: elaborado por Rehovot con información de CONAPO

La evaluación socioeconómica asume que el crecimiento de la demanda del BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez al menos registrará 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 Transporte público 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 re-densificación con cambios de uso de suelo.
- Mayor demanda con motivo de una mejor calidad de servicio con mayor velocidad con el servicio de BRT, el cual cuenta con carriles confinados y priorización semaforizada 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 ZMP.
- Mayor demanda por los nuevos desarrollos habitacionales, industriales comerciales y de servicios –*principalmente en el extremo sur de la troncal*-.
- Incremento de la demanda por la integración con otros corredores de transporte masivo que se implantarán en el horizonte a 30 años, como BRT's y/o tranvías,
- 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.

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

La estimativa de la relación entre la demanda y la oferta en el escenario de "Situación con Proyecto" requiere de la definición de varias características operacionales del Sistema de BRT, las cuales incluyen las siguientes variables:

- Tipo de vehículos
- Velocidades operacionales

La definición de los parámetros en la relación demanda-oferta del proyecto Corredor 1 Centro-Téllez fue definida con base en valores promedio identificados en proyectos similares en evidencia empírica de operación de sistemas BRT, tanto nacional como internacional.

Tipo de vehículos

Se analizaron cuatro tipos de vehículos para el Sistema de BRT:

- Buses articulados de 18 metros
- Buses estándares de 12 metros
- Minibuses de 8 metros
- Vans

El uso de vehículos articulados (18 metros) es más frecuentemente asociado con los grandes sistemas de BRT debido a su alta capacidad operativa. Sin embargo, para el caso del proyecto de movilidad de Pachuca, las condiciones de demanda existente en el Corredor pueden ser satisfechas tanto por vehículos articulados, como también mediante una oferta de vehículos estándares de 12 metros.

La relación oferta-demanda identifica pros y contras con relación a la adopción de las dimensiones de los vehículos, ya que, por una parte, los vehículos de 18 metros plantean una mayor eficiencia operativa al atender una mayor demanda con menores vehículos, sin embargo, los vehículos de 12 metros ofrecen una mayor frecuencia del servicio. La operación de vehículos articulados implica la reducción de la frecuencia de los servicios, cuando la operación de vehículos más pequeños (vehículos estándares) permite la operación de servicios más frecuentes. Cuando la demanda crece a un punto que el intervalo entre los servicios es menos que 45-60 segundos, es altamente recomendado que vehículos articulados sean utilizados para mantener un buen control operacional del sistema, sin embargo, éste no es el caso en las condiciones actuales del Corredor 1.

En consideración de estas opciones, el diseño operativo de la relación Oferta-Demanda optó por considerar vehículos estándares de 12 metros para la troncal. Para las rutas alimentadoras, el diseño operacional propone dos tamaños de vehículos: buses de 8m y vans (Vagonetas). La alta variabilidad de los diseños interiores de los vehículos resulta en un rango de capacidades por vehículos del mismo tamaño. Se asume la capacidad total de los vehículos de acuerdo con la Tabla 28.

Para efectos de cálculo de la flota necesaria para la operación de los servicios se define una ocupación de los buses más baja que su capacidad total, de forma que esto permite garantizar un nivel de servicio adecuado para los usuarios. Es importante anotar que para los servicios actualmente operados por vans,

esto representa un incremento significativo en la calidad del servicio ofrecido. La Tabla inferior indica los valores de la relación de la oferta.

Tabla 46 Premisas sobre la capacidad de los vehículos.

Tipo	Capacidad Total	Capacidad para Cálculo	% Ocupación
Articulado 18 m	160	136	85%
Estándar 12 m	85	72	85%
Estándar 8 m	50	42	85%
Van	16	13	81%

Fuente: ITS Technology de México

Las acciones integradas al proyecto *–modernización y aumento de capacidad-*, así como también la reorganización del sistema de configuración de transportes públicos, permitirán incrementar la velocidad en la "Situación con Proyecto" y, por ende, se obtendrán ahorros importantes en tiempos de viaje.

Velocidades operacionales y tiempo

La velocidad de los buses es necesaria para realizar los cálculos de la flota en cada línea del sistema. Velocidades más altas permiten disminuir la flota de una línea determinada; sin embargo, ellas deben representar lo más cercanamente posible las condiciones de operación del sistema futuro.

Para efectos de aplicación del modelo de asignación fueron considerados los siguientes dos conceptos del proceso:

- Velocidad operacional de un bus en una línea, la cual constituye la velocidad cuando éste hace un recorrido sin paradas (en los paraderos) pero incluyendo todos los otros tiempos, como semáforos o tiempos perdidos por congestionamiento. Este concepto difiere de la velocidad comercial, que es la velocidad percibida por los pasajeros durante el recorrido normal del bus en la línea, con paradas.

- Tiempo de parada es el atraso del bus debido a una parada, en relación a un recorrido en que la parada no existe. Resulta de la aceleración y desaceleración del bus y del tiempo de ascenso y descenso de pasajeros.

Las velocidades consideradas para el modelo de asignación son las siguientes:

En el Corredor de BRT:

Las velocidades comerciales consideradas dentro el Corredor son indicadas en la tabla siguiente (ya incluyen la velocidad operacional y tiempo de parada).

Tabla 47 Velocidades comerciales consideradas en el diseño operacional.

Tramo	Velocidad	
	Expreso	Parador
Patio Telléz - San Antonio	41 km/h	34 km/h
Villas Pachuca - Central Camionera	39 km/h	31 km/h
Central Camionera - Plaza del Gobierno	29 km/h	23 km/h
Plaza del Gobierno - Mercado Hidalgo	18 km/h	15 km/h

Fuente: ITS Technology de México

Es importante observar que cada servicio en el Corredor puede tener cantidades diferentes de paradas, lo que resulta, por ejemplo, en servicios expresos con velocidades comerciales más elevadas.

Las velocidades operacionales y tiempos de parada resultan del análisis de los levantamientos con GPS y de valores observados en otros BRT's actualmente en operación.

Fuera del Corredor troncal de BRT:

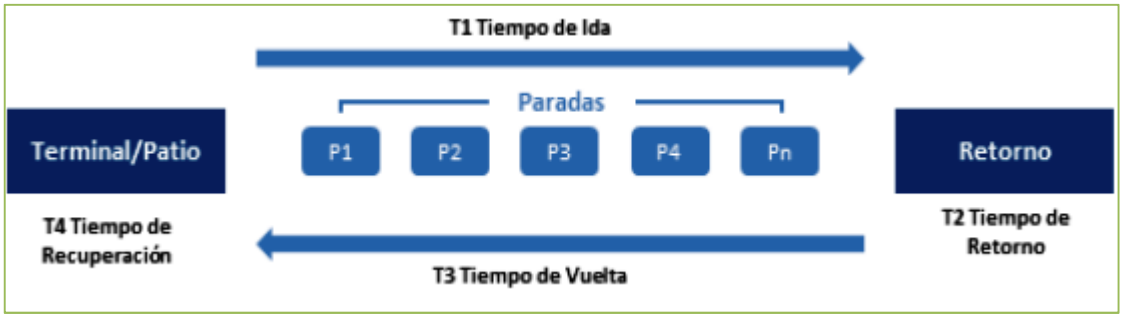
Los servicios fuera del Corredor no tienen restricción de paradas (no existen servicios expresos en las rutas alimentadoras o en las rutas fuera del sistema de BRT), por lo tanto, las observaciones fueron consideradas directamente con base en la velocidad comercial de los buses.

La velocidad fuera de la troncal fue determinada a partir de los levantamientos con GPS en parte de los vínculos de la red. En los casos en los cuales no se realizó un levantamiento directo con GPS, se analizó la geometría y pavimento de las rutas en imágenes de satélite, así como también la velocidad de la red en los alrededores para determinar la velocidad comercial de los buses.

Estimativas de los tiempos de ciclo

Se define el tiempo de ciclo como el tiempo necesario para que un bus realice un recorrido completo de un servicio ida y vuelta, hasta empezar un nuevo recorrido en el mismo punto. Típicamente, este ciclo incluye el tiempo de recorrido en los dos sentidos de la línea y un periodo breve de recuperación y control en las dos terminales, lo que permite a los operadores recuperar la programación y descansar entre recorridos.

Ilustración 47 Elementos del tiempo de ciclo: Tiempo de ciclo = t1 + t2 + t3 + t4.



Fuente: ITS Technology de México

El tiempo de ciclo es muy importante para los cálculos de la oferta, un tiempo más largo resultando en una cantidad más grande de buses necesaria para la operación de periodo pico. Los siguientes tiempos de recuperación de la programación han sido considerados en el modelo de tiempos de ciclo:

- Troncales: 3 minutos por viaje
- Alimentadoras: 3 minutos en cada hora

La tabla inferior muestra la interacción de Oferta-Demanda con relación a las velocidades que lograría cada una de las rutas, tanto para las rutas de la troncal como también para las 19 rutas alimentadoras, en "Situación con Proyecto".

Tabla 48 Oferta-Demanda con relación a las velocidades

Situación CON Proyecto		
Identificación		Ciclo del viaje (Tiempos)
No. Ruta	Nombre de Ruta	Viaje (Min)
		Velocidad (km/h)
C1	CORREDOR 1	27
	Con Alimentación	27
1	Exprés TO-1	33.85
2	Exprés TO-2	30.11
3	Exprés TO-3	28.54
4	Exprés TO-4	31.42
5	Exprés TO-5	26.45
A01	Santa Matilde	12.34
A02	Santa Matilde	13.65
A03	Los Olivos	13.66
A04	La Palma	12.73
A05	Villas Pachuca	13.74
A06	San Antonio	13.47
A07	Villas Pachuca	12.92
A08	Plaza de los Toros	16.40
A09	Plaza de los Toros	13.61
A10	Plaza de los Toros	16.36
A11	Plaza de los Toros	22.75
A12	Plaza de los Toros	16.26
A13	Hospitales	13.68

A14	Bicentenario	13.65
A15	Tec de Monterrey	13.66
A16	Tec de Monterrey	13.69
A17	5 de Mayo	13.63
A18	5 de Mayo	13.74
A19	5 de Mayo	13.67

Interacción del proyecto con la Infraestructura existente

Reestructuración de rutas de transporte que circulan por el Corredor troncal

El éxito del BRT depende en gran medida de la eliminación de los demás servicios competitivos dentro de los Corredores troncales, lo cual constituye una de las premisas fundamentales del proyecto.

Considerando la cobertura del sistema BRT (servicios troncales y alimentadores) se desarrolló una propuesta de reestructuración de las rutas de transporte colectivo que circulan por el Corredor.

La propuesta de reestructuración corresponde a un lote de servicios de transporte colectivo que sufrirán algunas de las siguientes modificaciones:

- Sustitución – ruta sustituida por el sistema BRT de acuerdo con criterios de cobertura del itinerario actual.
- Desviación – ruta desviada de su itinerario actual en tramos cubiertos por las troncales pasando a vías alternas, manteniendo sus terminales de origen y destino.
- Recorte – ruta recortada en tramos cubiertos por la troncal, manteniendo una de sus terminales de origen o destino.

La metodología utilizada para el análisis de las rutas remanentes es definida por el siguiente conjunto de criterios:

Análisis del porcentaje de superposición de la ruta con el Corredor Troncal:

- Si el recorrido de la ruta está atendido por el sistema BRT, la ruta se cancela.
- Si el recorrido tiene atención parcial del sistema BRT, la ruta es reestructurada (desviada) o recortada.

Análisis de cobertura del sistema BRT a la zona de origen y destino de los usuarios de una determinada ruta a reestructurar:

- Si el sistema de BRT no atiende a las zonas de origen y destino de los pasajeros, de acuerdo al análisis de los diagramas de carga, se reestructura la ruta manteniendo su recorrido lo más cercano posible de la zona de destino u origen de las viajes.
- Si el sistema BRT atiende a las zonas de origen y destino con el Corredor troncal o servicios de alimentación, la ruta es cancelada.
- Análisis de la carga de pasajeros modelado y observado en campo.
- Si la ruta observada presentó una carga muy baja que puede ser atendida por otras rutas, la ruta es cancelada.

Las rutas de transporte colectivo incluidas en la reestructuración son todas aquéllas con itinerarios que cubren total o parcialmente el Corredor por donde se implantará la troncal de BRT. En total se analizaron 116 rutas en el corredor.

Del total de rutas en el Corredor, 96 rutas sufren algún tipo de modificación, incluyendo las 20 rutas foráneas que son desviadas. De acuerdo con los criterios de análisis descritos se tiene que, para la alternativa de reestructuración propuesta, existen 33 rutas a sustituir por la implantación del BRT, 7 a recortar y 36 a desviar, como se indica en las tablas siguientes.

Tabla 49 Total de rutas de transporte analizadas en la etapa de reestructuración.

	No. Rutas
Sustitución	33
Desviación	36
Recorte	7
Foráneas Desviadas	20
	96

Fuente: ITS Technology de México

v. Evaluación del Programa o Proyecto de Inversión

Marco de evaluación

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.

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 transporte público.
- Ahorros en tiempos de viaje para usuarios de transporte público.

También se analizó el costo de 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, así como también fueron considerados los costos por molestias a la sociedad durante el proceso de construcción.

La proyección de costos y beneficios se descuenta a una tasa del 12% para traer los valores futuros a valor presente. Con estos insumos se calculan los diferentes indicadores de rentabilidad social que más adelante se detallan.

En esta sección se identifican y cuantifican, en términos monetarios, los costos y beneficios del proyecto, así como el flujo de éstos 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.

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.

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).

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.**

La inversión estimada es la necesaria para dar inicio a la construcción de infraestructura y corresponde a Mx 724.3 millones de pesos. En este apartado se incluye en el cálculo el valor de las obras civiles, estaciones, terminal Téllez, telecomunicaciones y obras inducidas.

Tabla 50 Costo de inversión en Infraestructura (sin IVA)

Año		Costo Inversión Infraestructura
0	2012	- 398,400,334
1	2013	- 325,963,910

Fuente: elaborado por Rehovot

Para fines de la evaluación socioeconómica no se considera el Impuestos al Valor Agregado, sin embargo se detalla el monto total de la infraestructura una vez adicionando el IVA

La inversión en Infraestructura con IVA equivale a:

Monto inversión infraestructura sin IVA $724,364,244
Impuesto al Valor Agregado (IVA) $115,898,279
Monto inversión infraestructura con IVA $840,262,523

- **Costos de inversión en Material Rodante**

La inversión estimada para materia rodante consiste en la adquisición de 128 unidades (Troncal y Alimentación) de Mx 64.5 millones. El análisis de costos de material rodante incluye la reposición de la flota adquirida en el tercer año de evaluación, así como también el incremento en flota necesario tanto en la troncal como en las alimentadoras para mantener la misma calidad de servicio (evitar saturación del sistema) en la totalidad del horizonte de evaluación.

Para fines de la evaluación socioeconómica no se considera el Impuestos al Valor Agregado, sin embargo se detalla el monto total del material rodante una vez adicionando el IVA

La inversión en Material Rodante con IVA equivale a:

Monto inversión material rodante sin IVA $169,000,000
Impuesto al Valor Agregado (IVA) $ 27,040,000
Monto inversión material rodante con IVA $196,040,000

Tabla 51 Costo de inversión por buses

Año		Costo	
		Equipo Rodante Troncal	Equipo Rodante Alimentadora
0	2012	-	
1	2013	- 102,500,000	- 66,500,000
2	2014	-	-
3	2015	-	-
4	2016	- 5,000,000	-
5	2017	-	-
6	2018	-	-
7	2019	- 5,000,000	-
8	2020	-	-
9	2021	- 102,500,000	- 66,500,000
10	2022	- 5,000,000	-
11	2023	-	-
12	2024	-	-
13	2025	- 7,500,000	-
14	2026	-	-
15	2027	-	-
16	2028	-	-
17	2029	- 97,500,000	- 66,500,000
18	2030	-	-
19	2031	-	-
20	2032	- 5,000,000	-
21	2033	-	-
22	2034	-	-
23	2035	-	-
24	2036	- 10,000,000	-
25	2037	- 102,500,000	- 66,500,000
26	2038	-	-
27	2039	-	-
28	2040	-	-
29	2041	-	-
30	2042	-	-
Total		**- 442,500,000**	**- 266,000,000**

Fuente: elaborado por Rehovot

- **Costo de mantenimiento de infraestructura (Carril confinado, paraderos y terminal)**

Para el cálculo de este rubro se consideró la experiencia generada en otros sistemas tronco-alimentadores tanto a nivel nacional como internacional. De manera paramétrica se asignó un porcentaje de costo de mantenimiento sobre la base de la inversión inicial, la cual se define en 1.5% de mantenimiento ordinario sobre la base anual, un 3% de mantenimiento intermedio el cual se realiza cada 7 años y finalmente un 5% correspondiente al mantenimiento mayor, el cual se realiza cada 17 años.

Tabla 52 Costos de mantenimiento anual para BRT Tuzobus Corredor 1

Año		SITUACIÓN CON PROYECTO				
		Inversión	Normal	Intermedio	Mayor	Total
			1.50%	3.0%	5.00%	
2012	0	669,364,244				
2013	1					
2014	2		10,040,464			10,040,464
2015	3		10,040,464			10,040,464
2016	4		10,040,464			10,040,464
2017	5		10,040,464			10,040,464
2018	6		10,040,464			10,040,464
2019	7		10,040,464	20,080,927		30,121,391
2020	8		10,040,464			10,040,464
2021	9		10,040,464			10,040,464
2022	10		10,040,464			10,040,464
2023	11		10,040,464			10,040,464
2024	12		10,040,464			10,040,464
2025	13		10,040,464			10,040,464
2026	14		10,040,464	20,080,927		30,121,391
2027	15		10,040,464			10,040,464
2028	16		10,040,464			10,040,464
2029	17		10,040,464			10,040,464
2030	18		10,040,464		33,468,212	43,508,676
2031	19		10,040,464			10,040,464
2032	20		10,040,464			10,040,464
2033	21		10,040,464	20,080,927		30,121,391
2034	22		10,040,464			10,040,464
2035	23		10,040,464			10,040,464
2036	24		10,040,464			10,040,464
2037	25		10,040,464			10,040,464
2038	26		10,040,464			10,040,464
2039	27		10,040,464			10,040,464
2040	28		10,040,464	20,080,927		30,121,391
2041	29		10,040,464			10,040,464
2042	30		10,040,464			10,040,464
Total			291,173,446	80,323,709	33,468,212	**$404,965,367.87**

Fuente: elaborado por Rehovot

La tabla inferior muestra un resumen de la totalidad de costos en horizonte de evaluación a 30 años, que incluye los costos inherentes a nuevas unidades de material rodante, de acuerdo a las proyecciones de demanda, así como el remanente de amortización de la infraestructura actual.

Tabla 53 Costos de mantenimiento para el BRT Tuzobus Corredor 1

Año		Costo
		Mantenimiento
0	2012	
1	2013	
2	2014	- 10,040,464
3	2015	- 10,040,464
4	2016	- 10,040,464
5	2017	- 10,040,464
6	2018	- 10,040,464
7	2019	- 30,121,391
8	2020	- 10,040,464
9	2021	- 10,040,464
10	2022	- 10,040,464
11	2023	- 10,040,464
12	2024	- 10,040,464
13	2025	- 10,040,464
14	2026	- 30,121,391
15	2027	- 10,040,464
16	2028	- 10,040,464
17	2029	- 10,040,464
18	2030	- 43,508,676
19	2031	- 10,040,464
20	2032	- 10,040,464
21	2033	- 30,121,391
22	2034	- 10,040,464
23	2035	- 10,040,464
24	2036	- 10,040,464
25	2037	- 10,040,464
26	2038	- 10,040,464
27	2039	- 10,040,464
28	2040	- 30,121,391
29	2041	- 10,040,464
30	2042	- 10,040,464
Total		- **404,965,368**

Fuente: elaborado por Rehovot

• Costo de mantenimiento de infraestructura de Alimentación.

El análisis de costos del proyecto incluye la estimación del desgaste que provocarían las unidades alimentadoras en la carpeta asfáltica en las vialidades de la Zona Metropolitana de Pachuca. Este proceso

de estimación de costos tiene por objeto el medir el impacto de la externalidades negativas que pudieses provocar la implementación de un sistema tronco-alimentador en la zona urbana. Es importante resaltar que la vialidades ya se encuentran construidas y operado eficientemente, por lo cual la implementación del proyecto no supone ni construir nuevas vialidades, ni tampoco realizar inversiones en modificaciones, mejoras o ampliaciones de la misas –*excepto en lo relativo al carril confinado cuyo análisis de mantenimiento se contempla en la secciona anterior*-. Por lo tanto, la cuantificación monetaria de la externalidad negativa de los recorridos de los buses alimentadores en las vialidades se limita al impacto en el mantenimiento de estas arterias viales.

Si bien resulta complicado pretender cuantificar el monto de mantenimiento necesario para cada una de las secciones de la totalidad de vialidades por las que circularían los buses alimentadores en Pachuca, ya que esto supondría un análisis completo del inventario de vialidades como IRI, calidad de base y pre-base, entre otros, el presente análisis utilizo una variable proxi, la cual consiste en utilizar el costo promedio de mantenimiento por kilómetro de carretera que destina la Direccion General de Conservación de Carreteras de la propia Secretaria de Comunicaciones y Transportes –SCT- para el mantenimiento rutinario de su infraestructura. De acuerdo al presupuesto de conservación de carreteras 2012, el monto total de previsto para brindar un programa de mantenimiento a 42,934.28 kilómetros ascendió a Mx 1,874 millones, por lo tanto el costo promedio de mantenimiento por kilómetro se define en Mx 43.6 millones de pesos.

Conservación rutinaria tramos	**$1,874,216,620.00**
Longitud lineal - meta km	42,934.28

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
RESUMEN NACIONAL

PROGRAMA	META	TOTAL ASIGNACIÓN ($)
TOTAL		**10,161,800,000.00**
I MEJORAR EL ESTADO FÍSICO DE LA RED E INCREMENTAR LA SEGURIDAD		**8,026,762,526.00**
RECONSTRUCCIÓN		**1,193,798,030.00**
Reconstrucción de Tramos de la Red Federal (km)	147.36	601,854,030.00
Reconstrucción de Puentes	99.00	591,944,000.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA	**4,646.20**	**5,000,993,216.00**
CAR Carpeta (km)	462.35	547,230,246.72
RPC Recuperación de Pavimento y Carpeta (km)	424.40	951,768,091.00
REC Renivelación y Carpeta (km)	721.55	1,021,294,719.67
REM Renivelación y Microcarpeta (km)	159.60	186,418,077.00
RES Renivelación y Riego de Sello (km)	1,082.09	833,380,909.33
RSE Riego de Sello (km)	1,543.91	509,245,190.00
FRC Fresado y Carpeta (km)	165.40	301,405,366.00
MIC Microcarpeta (km)	28.00	37,949,000.00
REN Renivelación (km)	29.00	14,209,700.00
RLC Reparación de Losas de Concreto Hidráulico (Km)	28.20	55,091,453.00
PMA Protección Marginal (km)	1.70	10,034,500.00
MEN Mejoramiento de Entronques a Nivel (pieza)	31.00	99,050,263.28
CFC Atención a Cruces con el FFCC (lote)	52.00	46,727,000.00
AFG Atención a Fallas Geólogicas (falla)	50.00	123,488,700.00
OBD Obras de Drenaje (pieza)	11.00	8,000,000.00
ET Estabilidad de Taludes (pieza)	2.00	700,000.00
OIC Obras Inducidas por Laguna de Cuyutlán		255,000,000.00
CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENAJES	**190.68**	**113,896,000.00**
CONTRATOS PLURIANUALES DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	**1,246.82**	**318,000,000.00**
MANTENIMIENTO INTEGRAL DE LA RED FEDERAL DE CARRETERAS (km)	**387.04**	**200,000,000.00**
ATENCIÓN A PUNTOS DE CONFLICTO	**47.00**	**230,098,845.00**
SEÑALAMIENTO		**481,075,435.00**
SEH Señalamiento Horizontal (km)	42,391.54	287,738,754.00
SEV Señalamiento Vertical (pieza)	67,463.00	97,326,265.00
DFM Defensa Metálica (m)	133,834.33	96,010,416.00
OTROS SUBPROGRAMAS		**488,901,000.00**
Estudios y Proyectos		284,351,000.00
Ingeniería y Supervisión		204,550,000.00
II MANTENER EL ESTADO FÍSICO DE LA RED		**2,006,488,620.00**
CONSERVACIÓN RUTINARIA TRAMOS (Longitud Lineal 40,757.12 km)	42,934.28	1,874,211,620.00
CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES	7,292.00	132,277,000.00
III EMERGENCIAS COPARTICIPACIÓN FONDEN		**128,548,854.00**

El siguiente paso para la determinación del costo de la externalidad negativa consistió en definir los recorridos que realizan las 19 rutas de alimentación, con el fin de estimar el número de kilómetros de vialidades afectados, mismos que se presentan en la tabla inferior.

Ruta	Integración	Vehículo	Recorrido Ida y Vuelta (km)	Tiempo de Ciclo (min)	Capacidad de Cálculo (pas)	Carga Máxima (hora pico mañana)	Embarques/Día	Frecuencia (hora pico mañana)	Flota Operacional	Intervalo (min)
A01	Santa Matilde	Van	2,2	10,7	15	153	3.863	12,0	3	5,0
A02	Santa Matilde	Estándar 8 m	6,8	29,9	50	210	4.658	4,9	3	12,1
A03	Los Olivos	van	5,6	24,6	15	124	2.643	9,7	5	6,2
A04	La Palma	Van	2,8	13,2	15	84	1.769	6,6	2	9,1
A05	Villas Pachuca	Estándar 8 m	5,2	22,7	50	217	4.583	5,1	2	11,7
A06	San Antonio	Van	4,4	19,6	15	81	1.735	6,4	3	9,4
A07	Villas Pachuca	Van	3,1	14,4	15	183	3.768	14,4	4	4,2
A08	Plaza de los Toros	Estándar 8 m	8,8	38,7	50	603	13.555	14,2	10	4,2
A09	Plaza de los Toros	Van	4,9	21,6	15	47	959	4,0	2	15,0
A10	Plaza de los Toros	Van	6,6	29,1	15	64	1.310	5,0	3	12,0
A11	Plaza de los Toros	Estándar 8 m	14,9	65,5	50	183	3.760	4,3	5	13,9
A12	Plaza de los Toros	Van	5,5	24,1	15	155	3.308	12,1	5	4,9
A13	Hospitales	Estándar 8 m	8,8	38,6	50	331	7.384	7,8	6	7,7
A14	Bicentenario	Van	7,1	31,2	15	114	2.438	8,9	5	6,7
A15	Tec de Monterrey	Van	9,9	43,5	15	115	3.427	9,1	7	6,6
A16	Tec de Monterrey	Van	10,7	46,9	15	103	2.859	8,0	7	7,5
A17	5 de Mayo	Estándar 8 m	10,2	44,9	50	342	9.844	8,0	7	7,5
A18	5 de Mayo	Estándar 8 m	6,0	26,2	50	281	6.374	6,6	3	9,1
A19	5 de Mayo	Estándar 8 m	8,5	37,3	50	304	8.659	7,2	5	8,4

El tercer paso dentro de este proceso metodológico fue determinar el porcentaje de contribución que representan los buses de transporte urbano al total del monto del parque vehicular que utiliza las vialidades urbanas en Pachuca. Los buses alimentadores no serán los únicos vehículos que transiten por las vialidades impactadas, ya que también lo hacen otro tipo de vehículos, por lo tanto con la finalidad de no sobre penalizar el impacto negativo de los buses alimentadores sobre las vialidades se procedió a realizar un levantamiento de aforos vehiculares en el Blvd Felipe Ángeles –*principal arter5ia de movilidad de la ZMP*-. A continuación se anexan los levantamientos de aforos vehiculares, por tipo de vehículo como también por sentido direccional:

Aforo Norte-Sur (Movimiento 1 a 2)

H.M.D. A.M. POR MOV. (con Congestión)	
07:30 - 08:30	
A =	2,359
BU =	32
BF =	21
C1 =	267
C2 =	94
C3 =	30
Total =	2,803

H.M.D. P.M. POR MOV.	(Sin Congestión)
13:50 - 14:50	
A =	1,157
BU =	22
BF =	41
C1 =	233
C2 =	127
C3 =	34
T =	1,614

H. M. D. P.M.POR MOV .	Sin Congestión
17:45 - 18:45	
A =	1,267
BU =	23
BF =	57
C1 =	297
C2 =	78
C3 =	30
T =	1,752

Movimiento Norte-Sur Composición Vehicular					
A=	15,522	B=	938	C=	5,496
	70.70%		4.27%		25.03%
TPDA					**21,956**
Nivel de Servicio					C

Aforo Sur-Norte (Movimiento 2 a 1)

H.M.D. A.M. POR MOV.	Con Congestión
07:35 - 08:35	
A =	1489
BU =	27
BF =	51
C1 =	258
C2 =	91
C3 =	16
T =	1932

H.M.D. P.M. POR MOV.	Sin Congestión
13:15 - 14:15	
A =	1293
BU =	25
BF =	53
C1 =	242
C2 =	98
C3 =	31
T =	1742

H. M. D. P.M.POR MOV.	Sin Congestión
18:35 - 19:35	
A =	1,498
BU =	29
BF =	45
C1 =	272
C2 =	80
C3 =	32
T =	1,956

Movimiento Sur-Norte Composición Vehicular					
A=	17,046	**B=**	1,146	**C=**	5,226
	72.79%		4.89%		22.32%
TPDA					**23,418**
Nivel de Servicio					C

El promedio de contribución de buses sobre las ambos sentidos de la vialidad Felipe Ángeles ascendió a 4.58%. Con base a este coeficiente se procedió a estimar los costos de mantenimiento anual de las vialidades impactadas correspondientes exclusivamente a los buses alimentadores.

Ruta	Recorrido 1 sentido vial (km)	Costo Mantenimiento x km		Promedio composición vehicular Tipo B Norte-Sur Sur-Norte	TOTAL
A01	1.1	43,653	48,018	4.58	219,925
A02	3.4	43,653	148,421	4.58	679,767
A03	2.8	43,653	122,229	4.58	559,808
A04	1.4	43,653	61,114	4.58	279,904
A05	2.6	43,653	113,498	4.58	519,822
A06	2.2	43,653	96,037	4.58	439,849
A07	1.6	43,653	67,662	4.58	309,894
A08	4.4	43,653	192,074	4.58	879,698
A09	2.5	43,653	106,950	4.58	489,832
A10	3.3	43,653	144,055	4.58	659,774
A11	7.5	43,653	325,216	4.58	1,489,489
A12	2.8	43,653	120,046	4.58	549,811
A13	4.4	43,653	192,074	4.58	879,698
A14	3.6	43,653	154,969	4.58	709,757
A15	5.0	43,653	216,083	4.58	989,661
A16	5.4	43,653	233,544	4.58	1,069,633
A17	5.1	43,653	222,631	4.58	1,019,650
A18	3.0	43,653	130,959	4.58	599,794
A19	4.3	43,653	185,526	4.58	849,709
					13,195,475

SITUACIÓN CON PROYECTO		
Año		Total
2012	0	
2013	1	
2014	2	13,195,475
2015	3	13,195,475
2016	4	13,195,475
2017	5	13,195,475
2018	6	13,195,475
2019	7	13,195,475
2020	8	13,195,475
2021	9	13,195,475
2022	10	13,195,475
2023	11	13,195,475
2024	12	13,195,475
2025	13	13,195,475
2026	14	13,195,475
2027	15	13,195,475
2028	16	13,195,475
2029	17	13,195,475
2030	18	13,195,475
2031	19	13,195,475
2032	20	13,195,475
2033	21	13,195,475
2034	22	13,195,475
2035	23	13,195,475
2036	24	13,195,475
2037	25	13,195,475
2038	26	13,195,475
2039	27	13,195,475
2040	28	13,195,475
2041	29	13,195,475
2042	30	13,195,475

Total	$382,668,763

Costos por molestias

El periodo de construcción del "proyecto" plantea una serie de externalidades negativas sobre los usuarios de las vialidades, ya que el proceso implicará una reducción sobre las velocidades promedio de las troncales afectadas. El proyecto contempla un plan de mitigación del impacto negativo mediante un diseño de ingeniería de flujos viales que permita reducir los impactos, mediante uso de vías alternas, así como ajustes de las vialidades afectadas. El periodo de construcción del "Corredor 1" es de 18 meses; sin embargo, la longitud de las troncales permite trabajar en secciones, sin necesidad de afectación de la totalidad de las vialidades incluidas en el proyecto; adicionalmente, una vez finalizado el proceso de pavimentación, el carril confinado puede utilizarse para la circulación en general hasta la entrada en operación del "proyecto".

La evaluación del proyecto incorpora los costos derivados por molestias durante la construcción, ya que las obras de infraestructura se realizarán sobre una de las vialidades con mayor circulación en la ZMP, por lo que, a pesar de que la implantación del proyecto contempla la adopción de medidas de mitigación, el proceso de construcción registrará un nivel significativo de afectación en los usuarios. Para esto, la evaluación socioeconómica estima un costo por molestias por Mx 69 millones para el primer año (12 meses de construcción) y Mx 34 millones para el segundo año.

Tabla 54 Parámetros para obtener los costos por molestias de construcción

Beneficio Negativo por Molestias de Construcción									
			Sin Proyecto			Con Externalidades Negativas			Diferencia
% Pasajeros	Horario	Pasajeros	Velocidad Con Proyecto Km/h	Tramo Promedio Km	Minutos Recorrido Promedio	Velocidad sin Proyecto Km/h	Tramo Promedio Km	Minutos Recorrido Promedio	Optimizado (-) Proyecto
Velocidad Promedio		**150,397.00**	**13.48**	**8.30**	36.94	**17.00**	**8.30**	29.29	**7.64**

Fuente: elaborado por Rehovot

Adicionalmente, la evaluación considera los costos por molestias que se llegaran a suscitar en el proceso de re-encarpetamiento del concreto de la troncal, el cual se estima que suceda en el año 18 del horizonte de evaluación.

Tabla 55 Costos por molestias de construcción

Beneficio Negativo por Externalidades en Construcción					
		Pax/Diarios	Pax/Anuales	Costo $/Hora Usuario	Beneficio Negativos del Proyecto
			317	0.5	
0	2012				
1	2013				
2	2014				
3	2015				
4	2016				
5	2017				
6	2018				
7	2019				
8	2020				
9	2021				
10	2022				
11	2023				
12	2024				
13	2025				
14	2026				
15	2027				
16	2028				
17	2029				
18	2030				
19	2031				
20	2032	- 332,121	- 105,282,466		- 52,641,232.78
21	2033				
22	2034				
23	2035				
24	2036				
25	2037				
26	2038				
27	2039				
28	2040				
29	2041				
30	2042				
					- 52,641,233

Fuente: elaborado por Rehovot

b) <u>Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión</u>

<u>Beneficios anuales y totales</u>

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.

Beneficios Monetizados del Proyecto.

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 como consecuencia de la implantación del proyecto.
- Ahorros por reducción en tiempo del Costo Generalizado de Viaje –*CGV*- de los usuarios.

Ahorros en costo de operación vehicular

Para la estimación de los ahorros operativos se realizó un comparativo entre los costos operativos por kilómetro del número de unidades convencionales que serán retiradas en la troncal "Corredor 1" contra el número de buses -*12 metros*- que se implementarán para cubrir la demanda. En este proceso comparativo se incluyeron también las unidades convencionales que serán convertidas en alimentadoras, por lo tanto se compara la totalidad de kilómetros del sistema tronco-alimentador contra el total de kilómetros existentes en el escenario de "Situación Optimizada"; así mismo, para cuantificar la situación optimizada se incluyó la totalidad de los kilómetros que cada ruta recorre únicamente sobre el derrotero –*o parte*- del "Corredor 1", ya que existen rutas cuya mayor parte de su derrotero no es compatible con la troncal de movilidad.

Los costos operativos de la situación optimizada únicamente incluyen el porcentaje del derrotero de cada una de las rutas que circula de manera paralela a la troncal, ya que si se hubiese incluido la totalidad de los kilómetros de la troncal, el análisis hubiera penalizado la situación optimizada, ya que la comparación no hubiese sido congruente con los kilómetros de la situación con proyecto.

Para el "Corredor 1" se sustituyen 399 unidades convencionales –este número resulta aparentemente alto, sin embargo, gran parte de esta flota corresponde a vagonetas de baja capacidad, las cuales se pretenden remplazadas por 128 buses articulados. La base de cálculo para la comparación entre el escenario de "Situación Optimizada" y "Situación con Proyecto" está relacionada con la reducción de costos operativos por kilómetro que se registran en ambos escenarios, los cuales se calcularon tanto para las unidades de 12 metros como también para las unidades de pequeña capacidad –Vagonetas-. A continuación se detallan los costos operativos por tipo de unidad y tipo de vehículos (estos costos no incluyen depreciación ni costos por financiamiento):

Tabla 56 Situación Actual de Consumo

Tipo Unidad	Costos variables	Costos fijos					Costo	Costo de operación por kilómetro ($)
	Combustible, aceites y filtros	Neumáticos	Mantenimiento	Sueldos	Derechos	Administración	de capital	
Microbus	$7.36	$0.78	$4.00	$5.34	$2.05	$3.23	$0.00	$22.77
Vagonetas	$4.92	$1.46	$4.50	$5.53	$1.05	$5.44	$0.00	$22.89

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 57 Situación optimizada de consumo

Tipo Unidad	Costos variables	Costos fijos					Costo	Costo de operación por kilómetro ($)
	Combustible, aceites y filtros	Neumáticos	Mantenimiento	Sueldos	Derechos	Administración	de capital	
Microbus	$5.60	$0.64	$3.50	$5.34	$2.05	$3.23	$0.00	$20.36
Vagonetas	$4.39	$1.28	$4.00	$5.53	$1.05	$5.44	$0.00	$21.68

Fuente: elaborado por Rehovot

Costos Variables. Son los costos que se ven afectados diariamente por la operación de los vehículos. Dependen del kilometraje recorrido por el parque vehicular por la unidad de tiempo, siendo los principales componentes: el combustible, los aceites y lubricantes, los neumáticos, refacciones.

Costos Fijos. Éstos son independientes del kilometraje recorrido, encontrándose entre los componentes los gastos de personal y mantenimiento de instalaciones, gastos de equipo y gastos por servicios administrativos.

Para la cuantificación de ahorros por costos de operación se compararon los costos de ambos modelos de transporte –*convencional versus unidades con mayor eficiencia*- en términos de la variable vehículos-kilómetros diarios (volumen de vehículos por la longitud del tramo recorrido); esto para ambos escenarios, con "escenario optimizado" contra escenario "con proyecto". El resultado arrojado por el modelo, el cual se expresa en términos anuales, consideró el promedio de los días de operación de las unidades –*equivalente a 317 días promedio hábil*- , el cual se multiplicó por los costos unitarios de operación ($/km) para cada tipo de vehículo, lo que, al comparar ambos resultados, permitió generar una estimación del beneficio por ahorro en costos de operación.

Para la estimación de la cuantificación de los costos por kilómetro del escenario optimizado se utilizó la siguiente fórmula:

(Flota) x (Velocidad cada tipo de modo convencional) x (Horas de operación) = "α"
(Carriles Exclusivos / Longitud total de la ruta) = "β"

("α") x ("β ") x ("δ")

Dónde: "δ" = Coeficiente del 90% que representa el tiempo que las unidades convencionales no trabajan por diversos motivos (almuerzo, carga de combustibles, traslados, etc.).

Este cálculo se realiza en un horizonte del proyecto de 30 años para ambos tipos de vehículo. Para fines de la proyección de costos se determinaron valores constantes, es decir, sin impacto inflacionario. El análisis del "escenario con proyecto" consideró un incremento en la oferta de unidades, en la que el modelo incorpora unidades nuevas cada que la troncal requiere bajar el índice de IPK en un coeficiente inferior a 8.5; cada unidad articulada supone un desplazamiento de kilómetros diarios, los cuales se detallan en el cuadro anterior de manera específica de recorrido diario para las 5 rutas sobre la troncal y las 19 rutas de alimentación.

Tabla 58 Rutas Troncal y Alimentadoras

Identificación			Longitud en dos sentidos (km)				
	Nombre de Ruta	**Flota**	Total de la ruta	Velocidad	Kms Recorridos Dia Troncal	Kms Alimentadores Dia Troncal Vagoneta	Kms Alimentadores Dia Troncal Midibus
1	Expres TO-1	4	22.00	33.85	1,616.00		
2	Expres TO-2	6	26.60	30.11	2,424.00		
3	Expres TO-3	8	19.50	28.54	3,232.00		
4	Expres TO-4	9	28.80	31.42	3,636.00		
5	Expres TO-5	14	31.30	26.45	5,656.00		
A01	Santa Matilde	3	2.20	16.10		251	224
A02	Santa Matilde	3	6.80	13.65		251	224
A03	Los Olivos	5	5.60	13.66		418	373
A04	La Palma	2	2.80	12.73		167	149
A05	Villas Pachuca	2	5.20	13.74		167	149
A06	San Antonio	3	4.40	13.47		251	224
A07	Villas Pachuca	4	3.10	12.92		334	298
A08	Plaza de los Toros	10	8.80	13.64		836	745
A09	Plaza de los Toros	2	4.90	13.61		167	149
A10	Plaza de los Toros	3	6.60	13.61		251	224
A11	Plaza de los Toros	5	14.90	13.65		418	373
A12	Plaza de los Toros	5	5.50	13.69		418	373
A13	Hospitales	6	8.80	13.68		502	447
A14	Bicentenario	5	7.10	13.65		418	373
A15	Tec de Monterrey	7	9.90	13.66		585	522
A16	Tec de Monterrey	7	10.70	13.69		585	522
A17	5 de Mayo	7	10.20	13.63		585	522
A18	5 de Mayo	3	6.00	13.74		251	224
A19	5 de Mayo	5	8.50	13.67		418	373
					16,564	**7,275**	**6,485**

Los beneficios alcanzados por la implementación del proyecto se deben principalmente a: (i) Una mayor eficiencia en la sustitución del modelo de transporte de hombre-camión al modelo de empresa, el cual permite reducir Costos Generalizados de Viaje (gastos operativos) mediante economías de escala. (ii) Mayor rendimiento del conjunto de vehículos que del conjunto de modelos convencionales. (iii) El proyecto plantea un énfasis en acciones e inversiones en mantenimiento preventivo. (iv) Mayor velocidad promedio crucero del BRT (30 km/h) versus el modelo convencional (16.23 Km/h), esto derivado de los carriles confinados y un número menor de paradas ubicadas cada 700 metros, en comparación con cada 100

metros o menos, empleadas en el modelo sin proyecto. (v) Mayor eficiencia de transporte del modelo BRT, que requiere menor número de unidades que las requeridas por el sistema convencional para transportar al mismo número de usuarios durante el mismo periodo. El BRT prevé un índice de pasajeros transportados con 7.9 IPK en el caso de la troncal y 6.3 IPK en el caso de la alimentación, mientras que el IPK promedio del transporte urbano convencional resulta inferior a 2. Finalmente, (vi) el modelo de BRT permite racionalizar la oferta de unidades en horas valle, lo cual permite reducir significativamente los costos operativos; por su parte, el esquema de *hombre-camión* difícilmente puede adecuar su oferta a las fluctuaciones diarias de la demanda. La tabla inferior muestra la información consolidada de los resultados del "Corredor 1".

El beneficio de operación vehicular plantea una solución a las siguientes problemáticas identificadas en la "Situación Actual" (Incluidas en el punto ii).

Tabla 59 Costo Operativo - Situación Optimizada y Situación Con Proyecto

Año		Costo Operativo Situacion Actual			Año		Costo Operativo Situacion Optimizada			Beneficios
		Costo Operativo Vagoneta	Costo Operativo Midibus	Total Costo Operativo			Costo Operativo Vagoneta	Costo Operativo Midibus	Total Costo Operativo	
		$22.89	$22.77	317			$21.68	$20.36	317	
2012	0				2012	0				
2013	1				2013	1				
2014	2	924,746	157,941	343,211,930	2014	2	875,824	141,265	322,417,130	20,794,799
2015	3	943,241	161,100	350,076,168	2015	3	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2016	4	943,241	161,100	350,076,168	2016	4	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2017	5	943,241	161,100	350,076,168	2017	5	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2018	6	943,241	161,100	350,076,168	2018	6	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2019	7	943,241	161,100	350,076,168	2019	7	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2020	8	943,241	161,100	350,076,168	2020	8	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2021	9	943,241	161,100	350,076,168	2021	9	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2022	10	943,241	161,100	350,076,168	2022	10	893,340	144,090	328,865,473	21,210,695
2023	11	941,391	161,100	349,489,879	2023	11	891,588	144,090	328,310,201	21,179,679
2024	12	941,391	160,784	349,389,744	2024	12	891,588	143,808	328,220,639	21,169,106
2025	13	941,391	160,784	349,389,744	2025	13	891,588	143,808	328,220,639	21,169,106
2026	14	941,391	160,784	349,389,744	2026	14	891,588	143,808	328,220,639	21,169,106
2027	15	941,391	160,784	349,389,744	2027	15	891,588	143,808	328,220,639	21,169,106
2028	16	941,391	160,784	349,389,744	2028	16	891,588	143,808	328,220,639	21,169,106
2029	17	941,391	160,784	349,389,744	2029	17	891,588	143,808	328,220,639	21,169,106
2030	18	939,542	160,784	348,803,455	2030	18	889,837	143,808	327,665,366	21,138,089
2031	19	939,542	160,468	348,703,320	2031	19	889,837	143,525	327,575,804	21,127,516
2032	20	938,617	160,468	348,410,176	2032	20	888,961	143,525	327,298,168	21,112,008
2033	21	938,617	160,311	348,360,108	2033	21	888,961	143,384	327,253,387	21,106,721
2034	22	937,693	160,311	348,066,964	2034	22	888,085	143,384	326,975,751	21,091,213
2035	23	937,693	160,153	348,016,897	2035	23	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2036	24	937,693	160,153	348,016,897	2036	24	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2037	25	937,693	160,153	348,016,897	2037	25	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2038	26	937,693	160,153	348,016,897	2038	26	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2039	27	937,693	160,153	348,016,897	2039	27	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2040	28	937,693	160,153	348,016,897	2040	28	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2041	29	937,693	160,153	348,016,897	2041	29	888,085	143,243	326,930,970	21,085,927
2042	30	924,746	160,153	343,912,874	2042	30	875,824	143,243	323,044,065	20,868,809
		27,243,019	**4,656,113**	**10,112,024,793**			**25,801,765**	**4,164,494**	**9,499,304,276**	**$612,720,516**

Fuente: elaborado por Rehovot

Ahorros en tiempo de viaje

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.

Los beneficios por este concepto han sido cuantificados para la demanda obtenida en "Situación con Proyecto", la cual es equivalente a 150,397 pasajeros promedio por día en el 2014.

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 "Centro-Téllez" registra 16.2 Km/h, ya una vez optimizada de la "Situación Actual" de 13.4 Km/h. El escenario "con proyecto" registra un promedio de 30 km/h para la troncal.

La disminución de tiempo en el escenario con proyecto es una consecuencia de los siguientes factores: (i) El BRT transita por las vialidades parcialmente confinadas, mientras que el transporte convencional requiere compartir la carpeta asfáltica con vehículos particulares y vehículos de carga/servicio; (ii) el trayecto del transporte público se encuentra priorizado mediante un sistema de semaforización para dar prioridad a su paso en todos los cruces a nivel con otras vialidades; (iii) el diseño del proyecto tiene proyectados ascensos y descensos en distancias superiores 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.

La estimación del promedio de recorrido por pasajero se obtuvo mediante el levantamiento en campo de cada una de las 35 rutas que integran el corredor "*Centro-Téllez*", el cual incluye 393 unidades, así como también por la modelación de los patrones de movilidad en levantamiento de campo. El recorrido promedio por viaje en la troncal asciende a 8.3 **kilómetros** de acuerdo a la modelación de la demanda que se realizó para los 150,397 pasajeros diarios.

Tabla 60 Viaje Promedio por Kilómetro

Viajes Tipo	Tramo Promedio Km
BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez	**8.3**
Buses Convencionales	**8.3**

Fuente: elaborado por Rehovot

Supuestos para la estimación de Beneficios en Tiempo.

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 para 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.

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.

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.

Tabla 61 Parámetros para estimar el valor del tiempo (VOT)

Estimación del Valor del Timepo		
Total Viajes Motivo de Trabajo	57%	$15.65
Total Viajes Motivo de Placer	43%	$7.08
Costo Hora Total Viajes	**100%**	**$22.73**

Fuente: Elaborado por REHOVOT con base en datos del 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.

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que, en promedio, el 57% de los pasajeros viaja por motivo de trabajo y un 43% por motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

Tabla 62 Parámetros para estimar el valor del tiempo

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

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 número de pasajeros promedio por tipo de vehículo, troncal y alimentación, elevado al número de días promedio año (317 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.

Tabla 63 Configuración del valor del tiempo

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

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte

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

Tabla 64 Beneficio Tiempo - Situación Optimizada y Con Proyecto

Situación "Optimizada"					Situación con "Proyecto"					
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	Beneficio Tiempo
-	2012	-			-	2012	-	-	-	-
1	2013	-			1	2013	-	-	-	-
2	2014	111,568	35,367,083	804,037,122	2	2014	101,473	32,166,907	731,284,159	72,752,963
3	2015	113,799	36,074,424	820,117,864	3	2015	103,502	32,810,245	745,909,842	74,208,022
4	2016	116,075	36,795,913	836,520,221	4	2016	105,572	33,466,450	760,828,039	75,692,182
5	2017	118,397	37,531,831	853,250,626	5	2017	107,684	34,135,779	776,044,600	77,206,026
6	2018	120,765	38,282,468	870,315,638	6	2018	109,838	34,818,495	791,565,492	78,750,146
7	2019	123,180	39,048,117	887,721,951	7	2019	112,034	35,514,864	807,396,802	80,325,149
8	2020	125,644	39,829,079	905,476,390	8	2020	114,275	36,225,162	823,544,738	81,931,652
9	2021	128,157	40,625,661	923,585,918	9	2021	116,560	36,949,665	840,015,633	83,570,285
10	2022	130,720	41,438,174	942,057,636	10	2022	118,892	37,688,658	856,815,945	85,241,691
11	2023	133,334	42,266,938	960,898,789	11	2023	121,269	38,442,431	873,952,264	86,946,525
12	2024	135,734	43,027,742	978,194,967	12	2024	123,452	39,134,395	889,683,405	88,511,562
13	2025	138,177	43,802,242	995,802,477	13	2025	125,674	39,838,814	905,697,706	90,104,771
14	2026	140,665	44,590,682	1,013,726,921	14	2026	127,937	40,555,913	922,000,265	91,726,656
15	2027	143,197	45,393,314	1,031,974,006	15	2027	130,239	41,285,919	938,596,270	93,377,736
16	2028	145,774	46,210,394	1,050,549,538	16	2028	132,584	42,029,066	955,491,003	95,058,535
17	2029	148,398	47,042,181	1,069,459,430	17	2029	134,970	42,785,589	972,689,841	96,769,589
18	2030	151,069	47,888,940	1,088,709,699	18	2030	137,400	43,555,730	990,198,258	98,511,442
19	2031	153,486	48,655,163	1,106,129,055	19	2031	139,598	44,252,621	1,006,041,430	100,087,625
20	2032	155,942	49,433,646	1,123,827,119	20	2032	141,832	44,960,663	1,022,138,093	101,689,027
21	2033	158,281	50,175,151	1,140,684,526	21	2033	143,959	45,635,073	1,037,470,164	103,214,362
22	2034	160,655	50,927,778	1,157,794,794	22	2034	146,119	46,319,599	1,053,032,217	104,762,578
23	2035	162,905	51,640,767	1,174,003,921	23	2035	148,164	46,968,074	1,067,774,668	106,229,254
24	2036	165,185	52,363,738	1,190,439,976	24	2036	150,239	47,625,627	1,082,723,513	107,716,463
25	2037	167,498	53,096,830	1,207,106,136	25	2037	152,342	48,292,386	1,097,881,642	109,224,494
26	2038	169,843	53,840,186	1,224,005,622	26	2038	154,475	48,968,479	1,113,251,985	110,753,637
27	2039	172,221	54,593,948	1,241,141,700	27	2039	156,637	49,654,038	1,128,837,513	112,304,188
28	2040	174,632	55,358,263	1,258,517,684	28	2040	158,830	50,349,194	1,144,641,238	113,876,446
29	2041	177,077	56,133,279	1,276,136,932	29	2041	161,054	51,054,083	1,160,666,215	115,470,716
30	2042	179,556	56,919,145	1,294,002,849	30	2042	163,309	51,768,840	1,176,915,542	117,087,306
				30,426,189,509					**27,673,088,480**	**2,753,101,029**

Fuente: elaborado por Rehovot

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 que la presente evaluación determinó no incluir este tipo de beneficios sociales dentro de la cuantificación económica del "proyecto".

Ahorros por mermas de cobranza. Este beneficio se identifica en aquellos usuarios que migrarán de los buses convencionales al BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez, ya que el modelo de transporte de buses convencionales vigente en la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP) 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 del BRT pretende desmonetizar por completo el 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 el 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.

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.

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 transportes masivos BRT, trenes, tranvías, 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 Prediales y Derechos de Transmisión de Dominio.

Beneficios por Buses Convencionales Evitados

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 "*Centro-Téllez*" registrará un incremento anual del 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 el BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez 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

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

i. VANS o VPNS

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.

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. <u>Tasa Interna de Retorno Social</u>

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 de éste, 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.

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

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

Donde:

VANS =Valor actual neto social
I_0 =Inversión inicial valorizada a su costo social
$Flujos_t$ =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 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

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.

Criterio de decisión, si el cociente B/C > = 1, el proyecto es viable, si B/C < 1, el proyecto no es viable.

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

- **Flujos de efectivo social**

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.

Tabla 65 Flujos de efectivo social para el corredor (millones de pesos sin IVA)

Año		Costo						Ahorros Tiempos	Ahorro Operación	Beneficios Totales	Flujos Nominales
		Inversión Infraestructura	Equipo Rodante Troncal	Equipo Rodante Alimentadora	Mantenimiento Troncal	Mantenimiento Alimentadoras	Costo Molestias Construcción				
0	2012	-398,400,334.21	-				- 69,026,172				- 467,426,506
1	2013	-325,963,909.80	- 102,500,000	- 66,500,000			- 34,513,086				- 529,476,996
2	2014		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		72,752,963	134,758,241	207,511,203	184,275,265
3	2015		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		74,208,022	137,453,406	211,661,427	188,425,489
4	2016		- 5,000,000	-	- 10,040,464	- 13,195,475		75,692,182	137,453,406	213,145,588	184,909,650
5	2017		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		77,206,026	137,453,406	214,659,432	191,423,493
6	2018		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		78,750,146	137,453,406	216,203,552	192,967,614
7	2019		- 5,000,000	-	- 30,121,391	- 13,195,475		80,325,149	137,453,406	217,778,555	169,461,689
8	2020		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		81,931,652	137,453,406	219,385,058	196,149,120
9	2021		- 102,500,000	- 66,500,000	- 10,040,464	- 13,195,475		83,570,285	137,453,406	221,023,691	28,787,753
10	2022		- 5,000,000	-	- 10,040,464	- 13,195,475		85,241,691	137,453,406	222,695,097	194,459,159
11	2023		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		86,946,525	136,898,133	223,844,658	200,608,720
12	2024		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		88,511,562	137,183,889	225,695,452	202,459,513
13	2025		- 7,500,000	-	- 10,040,464	- 13,195,475		90,104,771	137,183,889	227,288,660	196,552,721
14	2026		-	-	- 30,121,391	- 13,195,475		91,726,656	137,183,889	228,910,546	185,593,680
15	2027		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		93,377,736	137,183,889	230,561,625	207,325,687
16	2028		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		95,058,535	137,183,889	232,242,425	209,006,486
17	2029		- 97,500,000	- 66,500,000	- 10,040,464	- 13,195,475		96,769,589	137,183,889	233,953,478	46,717,540
18	2030		-	-	- 43,508,676	- 13,195,475		98,511,442	136,628,617	235,140,059	178,435,908
19	2031		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		100,087,625	136,914,373	237,001,997	213,766,059
20	2032		- 5,000,000	-	- 10,040,464	- 13,195,475	- 52,641,233	101,689,027	136,636,737	238,325,763	157,448,592
21	2033		-	-	- 30,121,391	- 13,195,475		103,214,362	136,779,614	239,993,977	196,677,111
22	2034		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		104,762,578	136,501,978	241,264,556	218,028,618
23	2035		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		106,229,254	136,644,856	242,874,110	219,638,172
24	2036		- 10,000,000	-	- 10,040,464	- 13,195,475		107,716,463	136,644,856	244,361,319	211,125,381
25	2037		- 102,500,000	- 66,500,000	- 10,040,464	- 13,195,475		109,224,494	136,644,856	245,869,350	53,633,412
26	2038		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		110,753,637	136,644,856	247,398,493	224,162,555
27	2039		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		112,304,188	136,644,856	248,949,044	225,713,105
28	2040		-	-	- 30,121,391	- 13,195,475		113,876,446	136,644,856	250,521,302	207,204,437
29	2041		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		115,470,716	132,757,951	248,228,667	224,992,729
30	2042		-	-	- 10,040,464	- 13,195,475		117,087,306	132,757,951	249,845,257	226,609,319
Total		- 724,364,244	- 442,500,000	- 266,000,000	- 404,965,368		- 156,180,490	2,753,101,029	3,963,233,312	6,716,334,341	4,339,655,476

Fuente: Elaborado por Rehovot

- **Flujos descontados**

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 66 Flujos descontados para el corredor

	Año	Costo						Ahorros Tiempos	Ahorro Operación	Total Beneficios Netos	VNP
		Inversión Infraestructura	Equipo Rodante Troncal	Equipo Rodante Alimentadora	Mantenimiento Troncal	Mantenimiento Alimentadoras	Costo Molestias Construcción				
0	2012	- 398,400,334	-	-	-		- 69,026,172	-	-	-	- 467,426,506
1	2013	- 291,039,205	- 91,517,857	- 59,375,000	-		- 30,815,255	-	-	-	- 472,747,318
2	2014		-	-	- 8,004,196	- 10,519,352	-	57,998,216	107,428,445	165,426,661	146,903,113
3	2015		-	-	- 7,146,604	- 9,392,278	-	52,819,804	97,836,619	150,656,423	134,117,541
4	2016		- 3,177,590	-	- 6,380,896	- 8,385,963	-	48,103,750	87,354,124	135,457,874	117,513,425
5	2017		-	-	- 5,697,229	- 7,487,467	-	43,808,773	77,994,754	121,803,526	108,618,831
6	2018		-	-	- 5,086,811	- 6,685,238	-	39,897,275	69,638,173	109,535,448	97,763,399
7	2019		- 2,261,746	-	- 13,625,388	- 5,968,963	-	36,335,018	62,176,940	98,511,958	76,655,862
8	2020		-	-	- 4,055,175	- 5,329,431	-	33,090,820	55,515,125	88,605,945	79,221,340
9	2021		- 36,962,528	- 23,980,567	- 3,620,692	- 4,758,420	-	30,136,283	49,567,076	79,703,359	10,381,152
10	2022		- 1,609,866	-	- 3,232,761	- 4,248,590	-	27,445,543	44,256,318	71,701,861	62,610,645
11	2023		-	-	- 2,886,393	- 3,793,384	-	24,995,048	39,354,942	64,349,990	57,670,213
12	2024		-	-	- 2,577,137	- 3,386,950	-	22,718,714	35,211,687	57,930,401	51,966,314
13	2025		- 1,718,806	-	- 2,301,015	- 3,024,062	-	20,649,688	31,439,007	52,088,695	45,044,811
14	2026		-	-	- 6,163,433	- 2,700,056	-	18,769,091	28,070,542	46,839,633	37,976,144
15	2027		-	-	- 1,834,355	- 2,410,764	-	17,059,763	25,062,984	42,122,747	37,877,628
16	2028		-	-	- 1,637,817	- 2,152,468	-	15,506,106	22,377,664	37,883,770	34,093,485
17	2029		- 14,200,323	- 9,685,349	- 1,462,337	- 1,921,846	-	14,093,943	19,980,057	34,074,000	6,804,145
18	2030		-	-	- 5,657,850	- 1,715,934	-	12,810,387	17,767,129	30,577,517	23,203,732
19	2031		-	-	- 1,165,766	- 1,532,084	-	11,620,852	15,896,687	27,517,538	24,819,688
20	2032		- 518,334	-	- 1,040,862	- 1,367,932	- 5,457,146	10,541,772	14,164,688	24,706,461	16,322,186
21	2033		-	-	- 2,788,024	- 1,221,368	-	9,553,481	12,660,268	22,213,749	18,204,357
22	2034		-	-	- 829,769	- 1,090,507	-	8,657,842	11,280,866	19,938,709	18,018,432
23	2035		-	-	- 740,865	- 973,667	-	7,838,439	10,082,745	17,921,184	16,206,652
24	2036		- 658,821	-	- 661,487	- 869,346	-	7,096,587	9,002,451	16,099,038	13,909,384
25	2037		- 6,029,389	- 3,911,750	- 590,613	- 776,201	-	6,424,946	8,037,902	14,462,848	3,154,895
26	2038		-	-	- 527,333	- 693,037	-	5,816,871	7,176,698	12,993,569	11,773,199
27	2039		-	-	- 470,833	- 618,783	-	5,266,345	6,407,766	11,674,112	10,584,496
28	2040		-	-	- 1,261,161	- 552,485	-	4,767,923	5,721,220	10,489,143	8,675,498
29	2041		-	-	- 375,345	- 493,290	-	4,316,674	4,962,927	9,279,600	8,410,965
30	2042		-	-	- 335,130	- 440,438	-	3,908,131	4,431,185	8,339,316	7,563,749
		- 689,439,539	- 158,655,261	- 96,952,665	- 92,157,279	- 94,510,301	- 105,298,573	602,048,088	980,856,989	1,582,905,077	345,891,458

Fuente: elaborado por Rehovot

- **Indicadores de rentabilidad social**

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 que se observan en la Tabla inferior.

Tabla 67 Indicadores de rentabilidad social para el corredor – TIR-

TIRS 30 Años (Flujos Nominales)
16.53%
- 467,426,506
- 529,476,996
184,275,265
188,425,489
184,909,650
191,423,493
192,967,614
169,461,689
196,149,120
28,787,753
194,459,159
200,608,720
202,459,513
196,552,721
185,593,680
207,325,687
209,006,486
46,717,540
178,435,908
213,766,059
157,448,592
196,677,111
218,028,618
219,638,172
211,125,381
53,633,412
224,162,555
225,713,105
207,204,437
224,992,729
226,609,319
4,339,655,476

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 68 Indicadores de rentabilidad social para el corredor – TIRI-

TIRI	
2012 - 467,426,506	- 467,426,506
2013 - 529,476,996	-1,187,693,630
	15.52%

Fuente: elaborado por Rehovot

El proyecto registra una Tasa de Retorno Inmediata TIRI equivalente al 15.52% para el proyecto "BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez"; 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

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 TIRI. Entre otros aspectos, deberá considerarse el efecto derivado de variaciones porcentuales en los siguientes 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.

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.

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.

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 material rodante (troncal y alimentación), externalidades negativas por retraso de tiempo durante el periodo de construcción, costo de mantenimiento, así como también para los beneficios operativos y reducción de tiempo. Para cada uno de los escenarios fueron estimadas variaciones de aumento del ±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*-.

Para todos los escenarios de incremento en caso de costos y decremento en caso de beneficios se registró una TIR y una TIRI superior a la tasa mínima aceptada del 12%, con excepción de sólo dos escenarios en los cuales un escenario de estrés arroja rendimientos negativos; estos caso un incremento de inversión en 60% adicional sobre el presupuestado, lo cual generaría un rendimiento social del 10.34%.

Tabla 69 Análisis de sensibilidad respecto al monto de inversión

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Inversión Infraestructura	0.4	800,970,885	2.65	31.33%	38.79%
	0.5	725,124,314	2.29	27.24%	31.03%
	0.6	649,277,743	2.02	24.12%	25.86%
	0.7	573,431,172	1.80	21.65%	22.16%
	0.8	497,584,600	1.63	19.63%	19.39%
	0.9	421,738,029	1.49	17.95%	17.24%
	1.0	**345,891,458**	**1.37**	**16.53%**	**15.52%**
	1.1	270,044,887	1.27	15.30%	14.10%
	1.2	194,198,316	1.18	14.23%	12.93%
	1.3	118,351,745	1.10	13.28%	11.93%
	1.4	42,505,174	1.03	12.43%	11.08%
	1.5	- 56,085,062	0.97	11.68%	10.34%
	1.6	- 109,187,968	0.92	10.99%	9.70%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 70 Análisis de sensibilidad respecto al monto de Equipo Rodante Troncal

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Equipo Rodante Troncal	0.4	441,084,615	1.50	17.95%	15.52%
	0.5	425,219,089	1.48	17.71%	15.52%
	0.6	409,353,563	1.45	17.47%	15.52%
	0.7	393,488,036	1.43	17.23%	15.52%
	0.8	377,622,510	1.40	16.99%	15.52%
	0.9	361,756,984	1.39	16.76%	15.52%
	1.0	**345,891,458**	**1.37**	**16.53%**	**15.52%**
	1.1	330,025,932	1.35	16.30%	15.52%
	1.2	314,160,406	1.33	16.07%	15.52%
	1.3	298,294,880	1.31	15.85%	15.52%
	1.4	282,429,354	1.29	15.63%	15.52%
	1.5	266,563,828	1.27	15.41%	15.52%
	1.6	250,698,302	1.25	15.19%	15.52%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 71 Análisis de sensibilidad respecto al monto de Alimentadoras

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Equipo Rodante Alimentadora	0.4	404,063,057	1.45	17.40%	15.52%
	0.5	394,367,791	1.43	17.25%	15.52%
	0.6	384,672,524	1.42	17.10%	15.52%
	0.7	374,977,258	1.41	16.96%	15.52%
	0.8	365,281,991	1.39	16.81%	15.52%
	0.9	355,586,725	1.38	16.67%	15.52%
	1.0	345,891,458	1.37	16.53%	15.52%
	1.1	336,196,192	1.36	16.39%	15.52%
	1.2	326,500,925	1.34	16.25%	15.52%
	1.3	316,805,659	1.33	16.11%	15.52%
	1.4	307,110,392	1.32	15.97%	15.52%
	1.5	297,415,126	1.31	15.83%	15.52%
	1.6	287,719,859	1.29	15.69%	15.52%

Fuente: elaborado por Rehovot

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

Tabla 72 Análisis de sensibilidad respecto al monto de mantenimiento troncal

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Mantenimiento Troncal	0.4	401,185,825	1.43	17.20%	16.02%
	0.5	391,970,098	1.42	17.09%	15.94%
	0.6	382,754,370	1.41	16.98%	15.85%
	0.7	373,538,642	1.40	16.87%	15.77%
	0.8	364,322,914	1.39	16.75%	15.68%
	0.9	355,107,186	1.38	16.64%	15.60%
	1.0	345,891,458	1.37	16.53%	15.52%
	1.1	336,675,730	1.36	16.41%	15.43%
	1.2	327,460,003	1.35	16.30%	15.35%
	1.3	318,244,275	1.34	16.19%	15.26%
	1.4	309,028,547	1.33	16.07%	15.18%
	1.5	299,812,819	1.32	15.96%	15.09%
	1.6	290,597,091	1.31	15.84%	15.01%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 73 Análisis de sensibilidad respecto al monto de mantenimiento alimentadora

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Mantenimiento Alimentadoras	0.4	402,597,639	1.43	17.24%	16.18%
	0.5	393,146,609	1.42	17.12%	16.07%
	0.6	383,695,579	1.41	17.00%	15.96%
	0.7	374,244,549	1.40	16.89%	15.85%
	0.8	364,793,519	1.39	16.77%	15.74%
	0.9	355,342,488	1.38	16.65%	15.63%
	1.0	**345,891,458**	**1.37**	**16.53%**	**15.52%**
	1.1	336,440,428	1.36	16.41%	15.40%
	1.2	326,989,398	1.35	16.29%	15.29%
	1.3	317,538,368	1.34	16.17%	15.18%
	1.4	308,087,338	1.33	16.05%	15.07%
	1.5	298,636,308	1.32	15.93%	14.96%
	1.6	289,185,277	1.31	15.81%	14.85%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 74 Análisis de sensibilidad respecto al monto Molestias por Construcción

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Costo Molestias Construcción	0.4	367,654,899	1.40	16.87%	15.52%
	0.5	364,027,659	1.40	16.81%	15.52%
	0.6	360,400,419	1.40	16.76%	15.52%
	0.7	356,773,179	1.40	16.70%	15.52%
	0.8	353,145,939	1.40	16.64%	15.52%
	0.9	349,518,698	1.40	16.58%	15.52%
	1.0	**345,891,458**	**1.40**	**16.53%**	**15.52%**
	1.1	342,264,218	1.40	16.47%	15.52%
	1.2	338,636,978	1.40	16.41%	15.52%
	1.3	335,009,738	1.40	16.36%	15.52%
	1.4	331,382,498	1.40	16.30%	15.52%
	1.5	327,755,257	1.40	16.25%	15.52%
	1.6	324,128,017	1.40	16.19%	15.52%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 75 Análisis de sensibilidad para beneficios por costos de operación

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Ahorro Operación	0.4	-242,622,735	0.75	8.56%	8.71%
	0.5	-144,537,036	0.85	9.99%	9.84%
	0.6	-46,451,337	0.95	11.36%	10.98%
	0.7	51,634,361	1.05	12.70%	12.11%
	0.8	149,720,060	1.16	14.00%	13.25%
	0.9	247,805,759	1.26	15.28%	14.38%
	1.0	345,891,458	1.37	16.53%	15.52%
	1.1	443,977,157	1.47	17.76%	16.65%
	1.2	542,062,856	1.58	18.97%	17.78%
	1.3	640,148,555	1.68	20.16%	18.92%
	1.4	738,234,254	1.79	21.34%	20.05%
	1.5	836,319,953	1.89	22.51%	21.19%
	1.6	934,405,652	1.99	23.66%	22.32%

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 76 Análisis de sensibilidad para los beneficios por tiempo de viaje

Componente	Factor de sensibilidad	VPN	B/C	TIR	TIRI
Ahorros Tiempos	0.4	-15,337,394	0.98	11.78%	11.84%
	0.5	44,867,414	1.05	12.63%	12.45%
	0.6	105,072,223	1.11	13.44%	13.07%
	0.7	165,277,032	1.18	14.24%	13.68%
	0.8	225,481,841	1.24	15.02%	14.29%
	0.9	285,686,649	1.30	15.78%	14.90%
	1.0	345,891,458	1.37	16.53%	15.52%
	1.1	406,096,267	1.43	17.26%	16.13%
	1.2	466,301,076	1.50	17.98%	16.74%
	1.3	526,505,885	1.56	18.69%	17.35%
	1.4	586,710,693	1.62	19.39%	17.97%
	1.5	646,915,502	1.69	20.08%	18.58%
	1.6	707,120,311	1.75	20.77%	19.19%

Fuente: elaborado por Rehovot

e) Análisis de riesgos

Riesgo de retraso de entrada en operación del proyecto.

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 retrasos de al menos 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 de licitación. (iii) Procesos de negociación con operadores de vehículos convencionales más complicados que los previstos originalmente. (iv) Restricciones financieras, entre otras. Como resultado de estos posibles escenarios se realizó un ejercicio para estimar los rendimientos sociales del proyecto “BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez”, 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 14.11% y un VPNS de Mx 213.0 millones.

Tabla 77 Flujos descontados al tercer año

Año	Costo						Ahorros Tiempos	Ahorro Operación	Total Beneficios Netos	VNP	TIRS 30 Años (Flujos Nominales)
	Inversión Infraestructura	Equipo Rodante Troncal	Equipo Rodante Alimentadora	Mantenimiento Troncal	Mantenimiento Alimentadoras	Costo Desvió Construcción					14.11%
0 2012	- 398,400,334					- 69,026,172				- 467,426,506	- 467,426,506
1 2013	- 291,039,205	- 91,517,857	- 59,375,000			- 30,815,255				- 472,747,318	- 529,476,996
2 2014				- 8,004,196	- 10,519,352					- 18,523,548	- 23,235,938
3 2015				- 7,146,604	- 9,392,278		52,819,804	97,836,619	150,656,423	134,117,541	188,425,489
4 2016				- 6,380,896	- 8,385,963		48,103,750	87,354,124	135,457,874	120,691,016	184,909,650
5 2017		-		- 5,697,229	- 7,487,467		43,808,773	77,994,754	121,803,526	108,618,831	191,423,493
6 2018		-		- 5,086,811	- 6,685,238		39,897,275	69,638,173	109,535,448	97,763,399	192,967,614
7 2019		- 2,261,746		- 13,625,388	- 5,968,963		36,335,018	62,176,940	98,511,958	76,655,862	169,461,689
8 2020		-		- 4,055,175	- 5,329,431		33,090,820	55,515,125	88,605,945	79,221,340	196,149,120
9 2021		- 36,962,528		- 3,620,692	- 4,758,420		30,136,283	49,567,076	79,703,359	34,361,719	28,787,753
10 2022		- 1,609,866		- 3,232,761	- 4,248,590		27,445,543	44,256,318	71,701,861	62,610,645	194,459,159
11 2023		-	-	- 2,886,393	- 3,793,384		24,995,048	39,354,942	64,349,990	57,670,213	200,608,720
12 2024		-	-	- 2,577,137	- 3,386,950		22,718,714	35,211,687	57,930,401	51,966,314	202,459,513
13 2025		- 1,718,806	-	- 2,301,015	- 3,024,062		20,649,688	31,439,007	52,088,695	45,044,811	196,552,721
14 2026		-	-	- 6,163,433	- 2,700,056		18,769,091	28,070,542	46,839,633	37,976,144	185,593,680
15 2027		-	-	- 1,834,355	- 2,410,764		17,059,763	25,062,984	42,122,747	37,877,628	207,325,687
16 2028		-	-	- 1,637,817	- 2,152,468		15,506,106	22,377,664	37,883,770	34,093,485	209,006,486
17 2029		- 14,200,323	- 9,685,349	- 1,462,337	- 1,921,846		14,093,943	19,980,057	34,074,000	6,804,145	46,717,540
18 2030		-	-	- 5,657,850	- 1,715,934		12,810,387	17,767,129	30,577,517	23,203,732	178,435,908
19 2031		-	-	- 1,165,766	- 1,532,084		11,620,852	15,896,687	27,517,538	24,819,688	213,766,059
20 2032		- 518,334	-	- 1,040,862	- 1,367,932		10,541,772	14,164,688	24,706,461	21,779,333	157,448,592
21 2033		-	-	- 2,788,024	- 1,221,368		9,553,481	12,660,268	22,213,749	18,204,357	196,677,111
22 2034		-	-	- 829,769	- 1,090,507		8,657,842	11,280,866	19,938,709	18,018,432	218,028,618
23 2035		-	-	- 740,865	- 973,667		7,838,439	10,082,745	17,921,184	16,206,652	219,638,172
24 2036		- 658,821	-	- 661,487	- 869,346		7,096,587	9,002,451	16,099,038	13,909,384	211,125,381
25 2037		- 6,029,389	- 3,911,750	- 590,613	- 776,201		6,424,946	8,037,902	14,462,848	3,154,895	53,633,412
26 2038		-	-	- 527,333	- 693,037		5,816,871	7,176,698	12,993,569	11,773,199	224,162,555
27 2039		-	-	- 470,833	- 618,783		5,266,345	6,407,766	11,674,112	10,584,496	225,713,105
28 2040		-	-	- 1,261,161	- 552,485		4,767,923	5,721,220	10,489,143	8,675,498	207,204,437
29 2041		-	-	- 375,345	- 493,290		4,316,674	4,962,927	9,279,600	8,410,965	224,992,729
30 2042		-	-	- 335,130	- 440,438		3,908,131	4,431,185	8,339,316	7,563,749	226,609,319
	- 689,439,539	-155,477,670	- 72,972,099	- 92,157,279	- 94,510,301	- 99,841,427	544,049,872	873,428,545	1,417,478,416	213,080,101	4,132,144,273

Fuente: elaborado por Rehovot

Tabla 78 Resumen de la evaluación social con un año de retraso

Valor Presente de Costo	**- 1,109,888,014**
Infraestructura	- 689,439,539
Equipo Rodante Troncal	- 155,477,670
Equipo Rodante Alimentadora	- 72,972,099
Mantenimiento	- 92,157,279
Costo Desvió Construcción	- 99,841,427
Valores Presente de los Beneficios	**1,417,478,416**
Ahorros Tiempo	544,049,872
Ahorro Operación	873,428,545
Valor Residual	-
Valor Presente Neto Social	**213,080,101**
Tasa Interna de Retorno Social	**14.11%**
Relación Beneficio/Costo	**1.22**
Tasa Interna de Retorno Social Inmediato	**17.29%**

Fuente: elaborado por Rehovot

Riesgo de Inundaciones del proyecto.

Un escenario de riesgo posible lo constituye la posibilidad de que el proyecto pueda suspender sus operaciones como resultados de fenómenos meteorológicos extremos, como lluvias. Por esto se procedió a incorporar un análisis histórico sobre las precipitaciones pluviales, las cuales datan desde 1960. Con base en los resultados obtenidos por la presente evidencia histórica, esta información fue incorporada al diseño de construcción de los carriles confinados, con la intención de adecuar los materiales a la exposición de este tipo de fenómenos meteorológicos; así mismo, el proyecto consideró una serie de sistemas de cárcamos para liberar de agua las zonas más bajas del derrotero.

El proceso de planeación no puede evitar las posibles inundaciones, las cuales de cualquier manera se pueden llegar a registrar en un escenario de "Situación Actual"; sin embargo, la intención de este análisis es la de dimensionar el nivel de riesgos y en tal caso considerar los costos necesarios para realizar las mediadas de mitigación correspondientes.

LOCALIDAD: *Pachuca*
MUNICIPIO: ***Pachuca de Soto***
ESTADO: ***Hidalgo***

SISTEMA PLUVIAL PARA TUZOBUS
CURVAS IDT

Datos proporcionados por la *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*
Oficina de Cálculo Climatológico
Estación: *Observatorio Pachuca*

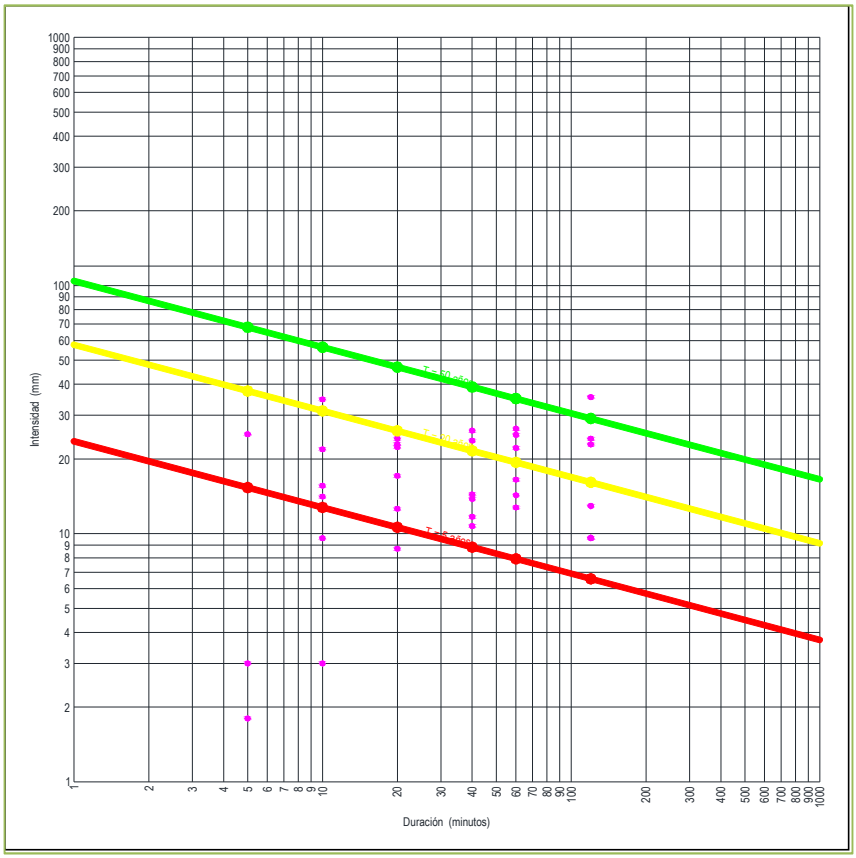
Coordenadas: *Latitud 20°07'42.9" Longitud 98°44'4.1" Altitud 2425 msnm*

Tabla 79 Precipitación Pluvial Máxima (mm)

PRECIPITACIÓN PLUVIAL MÁXIMA DIARIA (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1960	11.6	INAP.	1.6	5.7	17.0	18.9	9.1	19.5	8.3	9.3	0.5	7.8	19.5
1961	6.0	3.6	1.4	INAP.	1.5	31.9	7.0	6.8	27.5	8.4	5.1	0.2	31.9
1962	0.0	INAP.	INAP.	23.5	14.7	46.6	28.1	15.6	10.5	7.6	7.5	4.4	46.6
1963	0.0	4.6	3.1	2.5	9.5	9.6	17.4	12.0	16.7	16.3	14.0	3.8	17.4
1964	14.4	1.7	7.4	12.2	22.6	13.6	23.0	7.8	5.1	9.5	6.4	8.0	23.0
1965	0.7	8.7	1.8	10.8	21.2	24.1	16.1	13.0	5.0	32.8	9.6	9.0	32.8
1966	4.1	1.0	15.0	15.6	15.1	15.2	16.0	12.5	15.3	15.9	2.3	6.0	16.0
1967	31.6	0.7	9.3	21.2	17.5	10.3	6.9	23.9	27.2	4.6	5.3	4.2	31.6
1968	8.8	15.5	0.5	10.8	12.2	45.3	4.3	4.7	24.2	8.4	1.5	4.8	45.3
1969	4.5	3.9	0.8	15.9	13.2	11.2	7.0	23.9	19.6	19.4	1.2	INAP.	23.9
1970	2.3	4.9	INAP.	1.0	3.5	19.6	10.7	14.2	18.8	18.9	INAP.	0.0	19.6
1971	0.8	INAP.	7.6	5.8	45.1	24.8	9.0	22.4	12.7	28.1	8.8	5.6	45.1
1972	5.0	2.5	14.2	9.1	17.5	17.3	24.4	19.3	8.4	9.4	7.7	9.9	24.4
1973	6.5	3.0	3.9	9.4	10.8	34.5	17.8	16.4	34.7	7.9	11.9	8.2	34.7
1974	0.9	1.1	10.5	15.8	9.3	10.1	39.6	7.8	72.8	13.9	0.6	1.6	72.8
1975	5.8	2.8	4.4	15.7	10.8	8.0	48.5	15.2	12.8	1.4	0.0	INAP.	48.5
1976	0.6	0.1	12.1	27.6	9.6	8.2	15.0	13.2	19.5	19.0	3.6	16.4	27.6
1977	0.6	2.5	0.0	22.4	8.5	16.5	4.2	10.1	8.5	15.2	4.5	4.9	22.4
1978	3.7	5.3	15.4	11.9	5.2	33.0	17.1	10.1	6.8	5.4	2.3	6.5	33.0
1979	0.0	13.2	1.0	11.3	5.0	16.3	22.4	30.2	24.0	3.4	2.5	10.1	30.2
1980	9.3	0.3	5.9	7.8	66.5	30.0	27.9	25.1	9.9	7.5	5.7	INAP.	66.5
1981	6.0	6.2	9.5	15.2	30.9	29.9	14.5	12.9	10.4	9.6	0.3	0.1	30.9
1982	0.0	5.5	5.3	3.5	7.6	2.3	13.3	23.3	4.3	3.3	0.5	1.5	23.3
1983	15.6	5.3	6.8	0.0	17.4	15.1	13.5	18.5	12.0	3.8	12.1	0.9	18.5
1984	8.2	4.3	4.7	0.9	14.7	27.8	15.1	18.4	24.3	3.0	3.1	1.5	27.8
1985	3.5	0.8	7.1	8.9	12.3	19.4	15.5	8.6	12.1	5.9	4.2	0.0	19.4
1986	0.2	INAP.	INAP.	7.3	13.6	14.9	30.3	23.8	10.3	9.7	12.1	0.5	30.3
1987	0.0	0.3	1.0	12.3	20.1	8.6	11.8	7.7	21.8	0.5	2.2	0.0	21.8
1988	5.8	2.5	16.1	19.7	9.3	15.2	20.5	15.8	42.8	1.2	1.2	INAP.	42.8
1989	8.0	2.9	3.6	10.0	4.7	17.0	41.2	28.8	33.4	5.5	9.4	12.0	41.2
1990	2.2	8.3	2.0	3.0	15.8	19.9	26.7	115.5	15.8	24.4	2.2	3.1	115.5
1991	1.0	5.2	0.0	9.2	3.2	19.7	28.5	15.0	7.2	26.5	9.9	15.0	28.5
1992	14.6	10.3	4.2	2.4	21.4	9.6	14.4	10.1	13.2	4.8	7.3	2.5	21.4
1993	10.2	4.0	6.0	1.6	5.8	23.7	8.9	10.9	61.7	0.7	9.3	0.0	61.7
1994	0.8	0.3	4.3	11.6	10.6	17.1	15.6	14.7	12.0	10.2	0.0	3.0	17.1
1995	18.1	6.8	2.0	11.5	30.5	20.1	16.9	17.2	15.6	21.5	52.4	11.8	52.4

1996	0.0	0.0	3.6	8.4	0.0	18.7	24.1	61.1	38.2	24.3	0.0	6.1	61.1
1997	0.2	0.0	23.6	9.1	12.3	18.9	31.1	4.8	16.6	22.5	10.0	3.0	31.1
1998	10.6	2.2	0.0	0.0	0.0	35.9	34.5	29.1	96.8	22.6	0.2	0.0	96.8
1999	0.0	INAP.	1.3	30.0	1.3	25.7	48.1	8.8	20.0	68.8	6.5	3.1	68.8
2000	INAP.	0.0	3.6	6.6	31.1	20.6	2.1	17.0	7.7	8.5	4.8	2.6	31.1
2001	4.4	6.2	28.0	7.1	13.4	7.9	28.2	7.5	20.0	23.9	0.3	0.0	28.2
2002	8.8	2.4	3.1	10.9	10.5	13.3	7.0	19.7	23.5	9.6	9.7	2.7	23.5
2003	0.2	0.0	6.4	13.7	7.5	30.0	23.0	21.2	20.0	8.5	1.5	2.9	30.0
2004	4.5	1.5	11.7	8.8	19.2	15.3	12.7	6.2	14.2	12.2	0.0	7.0	19.2
2005	INAP.	INAP.	1.0	3.7	11.3	3.4	6.6	14.8	13.2	48.0	1.3	0.0	48.0
2006	0.1	0.0	4.4	9.6	16.0	22.5	10.0	39.0	43.4	3.7	12.8	0.0	43.4
2007	13.0	24.0	3.6	29.0	17.0	28.5	20.0	102.6	32.5	7.5	7.4	INAP.	102.6
2008	0.0	3.0	2.8	5.1	15.6	21.6	17.6	14.1	13.2	3.3	0.0	0.0	21.6
2009	4.4	4.6	0.0	1.7	8.3	18.5	10.2	13.4	41.5	29.0	INAP.		41.5
2010	16.2	23.2	0.0	26.8	5.7	34.8	56.8	9.2	18.5	3.2	INAP.	0.0	56.8
2011	0.0	7.5	0.0	14.0	0.0	35.4	105.8	15.0	32.1				105.8
Suma	274	213	282	558	723	1,056	1,096	1,048	1,137	689	282	191	2,075
Prom.	5.5	4.6	5.7	10.9	13.9	20.3	21.1	20.2	21.9	13.5	5.9	4.2	39.9



vi. Conclusiones y Recomendaciones

El resultado de una inacción en materia de modernización y ampliación de la infraestructura del BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez puede traer una serie de consecuencias negativas para la estrategia de movilidad de la Zona Metropolitana de Pachuca. Como por ejemplo, un incremento en los costos generalizados de viaje y, como consecuencia de este proceso, la demanda se vería obligada a migrar a un sistema menos eficiente, más lento y más contaminante, como lo constituye la oferta de transporte público en "Situación Actual" o bien, en un extremo, la migración parcial de la demanda hacia vehículos motorizados privados.

Mediante la inversión prevista en el proyecto, el BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez puede convertirse en la columna vertebral del sistema masivo de movilidad de la zona urbana, al transformarse de una troncal con alimentación natural en todo un sistema "tronco-alimentador" sobre el cual se coordine el resto del transporte público.

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 las unidades convencionales registra una perversidad, ya que al pagar por pasajero transportado en un contexto de disminución paulatina de aforos y velocidades crucero 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.

Con base en el análisis realizado se concluye que los beneficios identificados como reducción de costos operativos en materia de costos generalizados de viaje, en materia de tiempo y costos son superiores al total de los costos del proyecto, definidos como requerimientos de infraestructura para la troncal, la inversión en material rodante de la troncal, costo de mantenimiento e incluso los costos derivados de la reducción de velocidad durante el periodo de construcción, por un horizonte proyectado de 30 años.

Los resultados de la evaluación socioeconómica indican una buena rentabilidad social del proyecto y, además, un impacto económico importante a corto plazo. 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 del "BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez" genera resultados positivos, como una Tasa Interna de Retorno Social equivalente al 16.78%, la cual resulta superior a la tasa de descuento empleada del 12%. El proyecto genera flujos positivos de Valor Presente Neto Social por Mx 374.2 millones y registra una proporción positiva en la estimación costo versus beneficio, con flujos con tasa de descuento del 12%. La Tasa Inmediata de Retorno Social resulta favorable con 15.52%.

Tabla 80 Resumen de la evaluación social

Valor Presente de Costo	**- 1,237,013,619**
Infraestructura	- 689,439,539
Equipo Rodante Troncal	- 158,655,261
Equipo Rodante Alimentadora	- 96,952,665
Mantenimiento Troncal	- 92,157,279
Mantenimiento Alimentadoras	- 94,510,301
Costos Molestias por Construcción	- 105,298,573
Valores Presente de los Beneficios	**1,582,905,077**
Ahorro Tiempos	602,048,088
Ahorro Operación	980,856,989
Valor Presente Neto Social	**345,891,458**
Tasa Interna de Retorno Social	**16.53%**
Relación Beneficio/Costo	**1.37**
Tasa Interna de Retorno Social Inmediato	**15.52%**

Fuente: elaborado por rehovot

El proyecto fue sometido a un análisis de sensibilidad, el cual estresó el comportamiento de las variables hasta en 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 60% podría ocasionar que el proyecto no alcance la rentabilidad minina deseable del 12%; este mismo caso sucedería con una disminución del 60% del beneficio del tiempo; aun bajo esta situación adversa, en ambos casos, la rentabilidad quedaría ligeramente por debajo del nivel mínimo aceptable del 12%.

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 14.11% y un VPNS de Mx 213.0 millones.

La implementación del proyecto traería como consecuencias una serie de beneficios no monetizados, los cuales se identifican a continuación:

- Mejorar las condiciones de circulación del tránsito local y, en mayor medida, del tránsito de largo itinerario y estimular el desarrollo económico de la Zona Metropolitana en su conjunto, 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 el 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 accidentes viales registrados por el transporte de buses convencionales.

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, altos costos generalizados de viaje, entre otros) pueden encontrar una solución mediante la implementación del modelo de movilidad que aproveche de mejor manera los recursos existentes del BRT Tuzobus Corredor 1 Centro-Téllez, los cuales se consideran dentro del 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 con los objetivos en materia de transporte tanto del Plan Nacional de Desarrollo, como también del mismo Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Hidalgo. Adicionalmente, los posibles beneficios ambientales coadyuvarán a que nuestro país alcance los compromisos que ha realizado de manera voluntaria en torno 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. Anexo I

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[1].

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):

$SHP = (FIP*SMGP*7) / HTP$ (1)

Valor del tiempo por motivo de placer (VTpp):

$VIP = 0.3*H^2$ (GWILLIAM Kennet, 1995) (2)

$VTpp = 0.3*(2*FIP*[SMGP / (HTP / 7)])$ (2a)

[1] 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

[2] 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

Donde:

H = ingreso horario familiar[3] = 2*FIP*SMH

SMH = salario mínimo por hora (en pesos) = SMGP / PHTD

PHTD = promedio de horas trabajadas diarias = HTP / 7

HTP = promedio de las horas trabajadas por semana = 43.466

FIP = factor de ajuste del ingreso promedio de la población = 2.936

SMGP = salario mínimo general promedio (en pesos diarios)

Estimación del valor nacional

En el año 2011, con la actualización de los salarios mínimos vigentes desde el 1 de enero, la CONASAMI recalculó el SMGP vigente durante dicho año, 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 información del XII Censo General de Población y Vivienda 2000, éstos serán recalculados tan pronto como sean publicados los resultados definitivos del Censo de Población y Vivienda de 2010, por el momento, para realizar una actualización del valor del tiempo basta con sustituir los salarios mínimos generales promedio vigentes en las ecuaciones 1 y 2, como se muestra a continuación.

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

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

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.

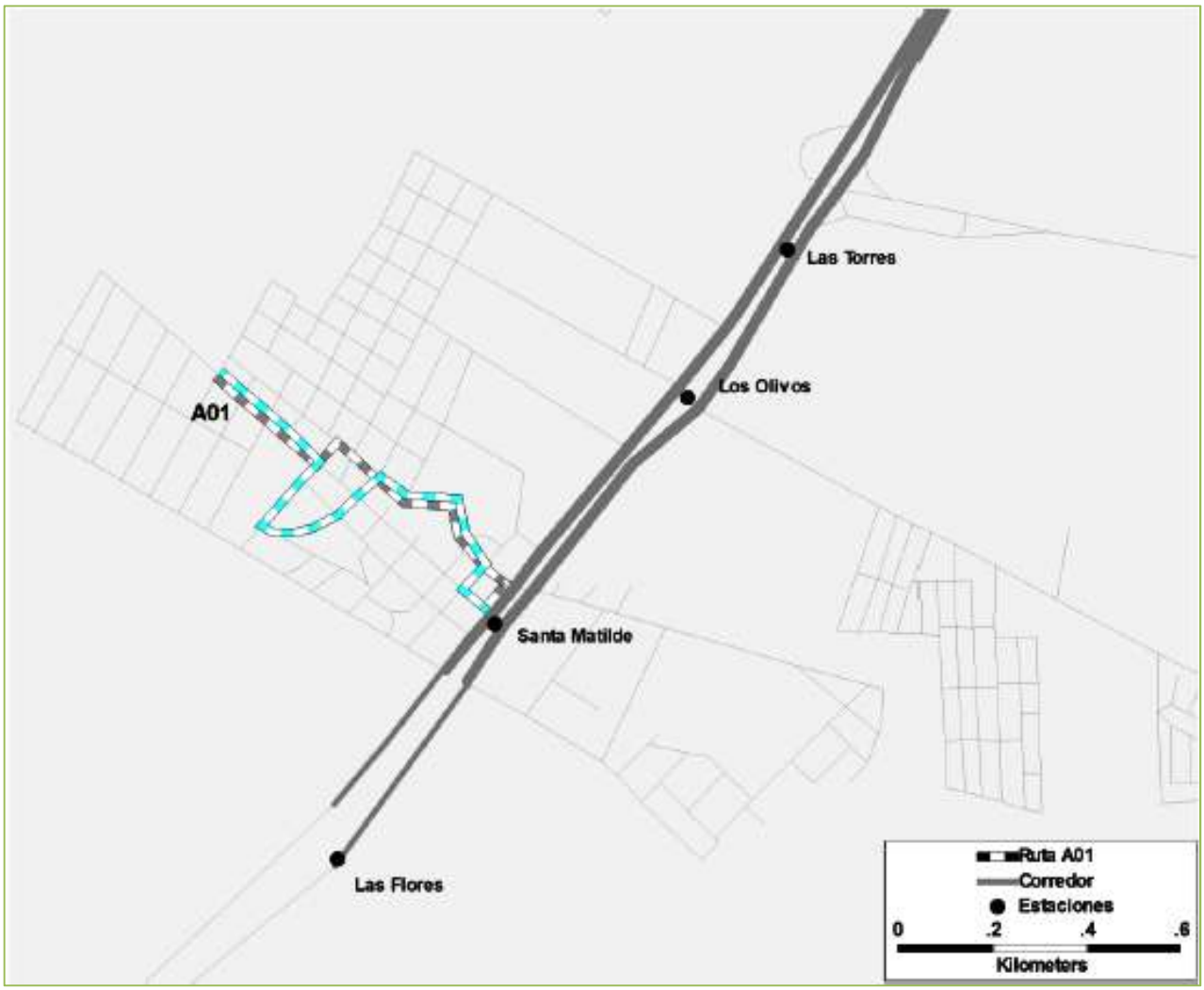
Además del ámbito nacional, la metodología puede ser aplicada a una descripción regional, sectorial e incluso para extractos de la población con cierto nivel de ingresos, siempre que el nivel de desagregación de la información permita calcular los factores FIP y HTP correspondientes a cada nivel descriptivo.

[3] F. Cortés (2003) considera que el valor de H para el caso mexicano equivale aproximadamente a la aportación que hacen dos miembros de la familia al ingreso familiar.

viii. Anexo II

Itinerarios de las Rutas Alimentadoras

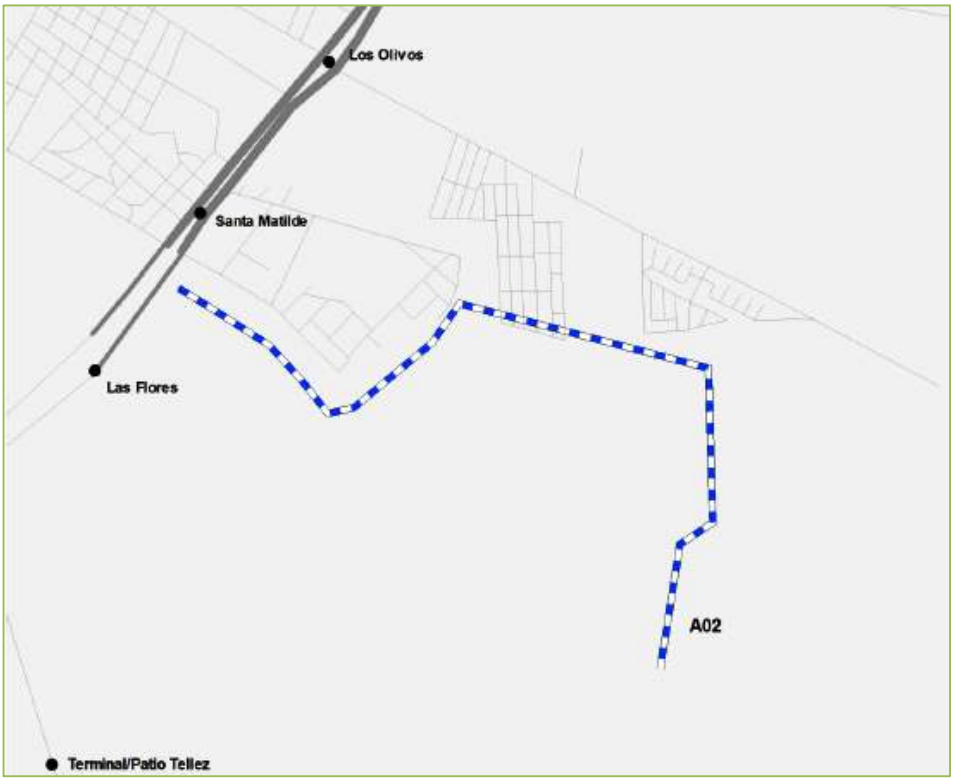
Ilustración 48 Trazado Ruta Alimentadora 01



Fuente: ITS Technology de México

Como la red de tráfico no está bien desarrollada en el área de esta ruta de alimentación, se presenta el mapa de la ruta y también el mapa sobre imagen satélite.

Ilustración 49 Trazado Ruta Alimentadora 02

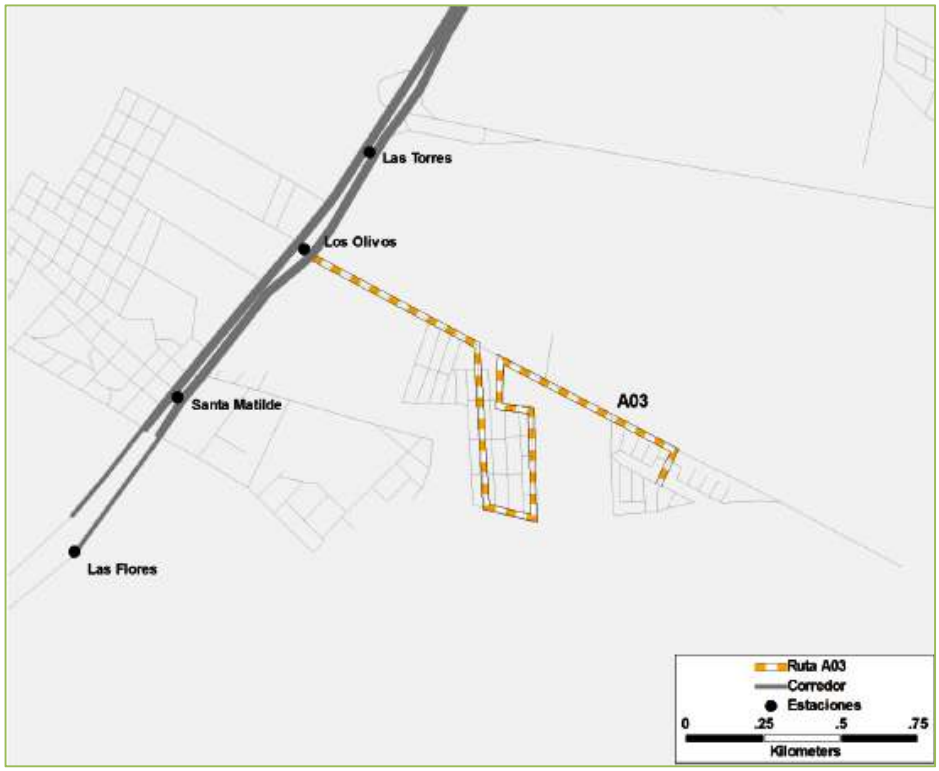


Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 50 Trazado Ruta Alimentadora 02 - satélite.

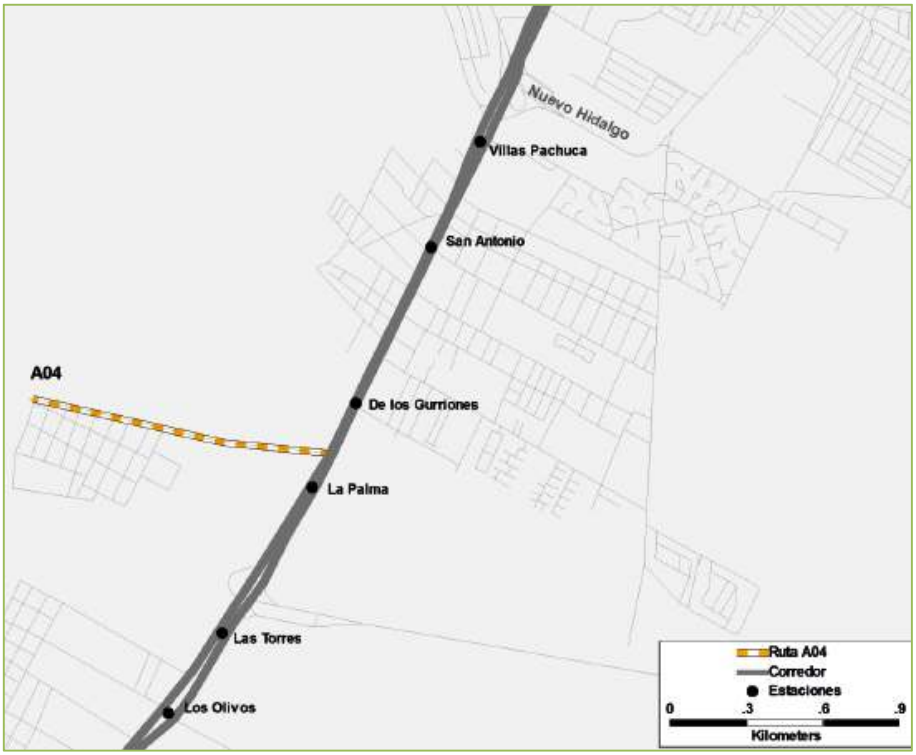
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 51 Trazado Ruta Alimentadora 03.



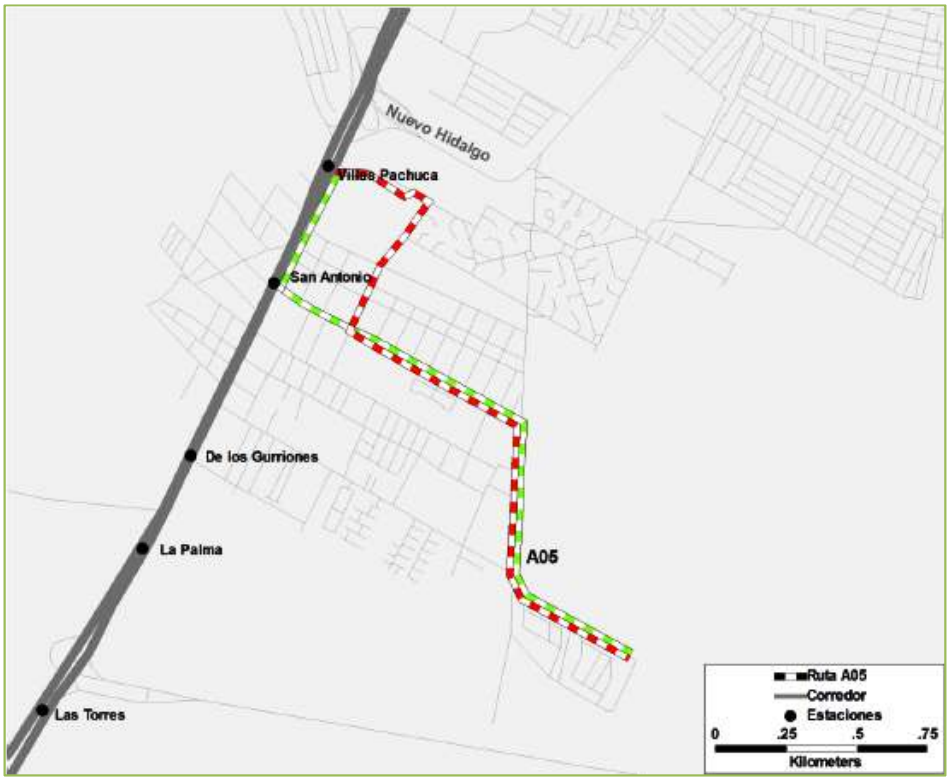
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 52 Trazado Ruta Alimentadora 04.



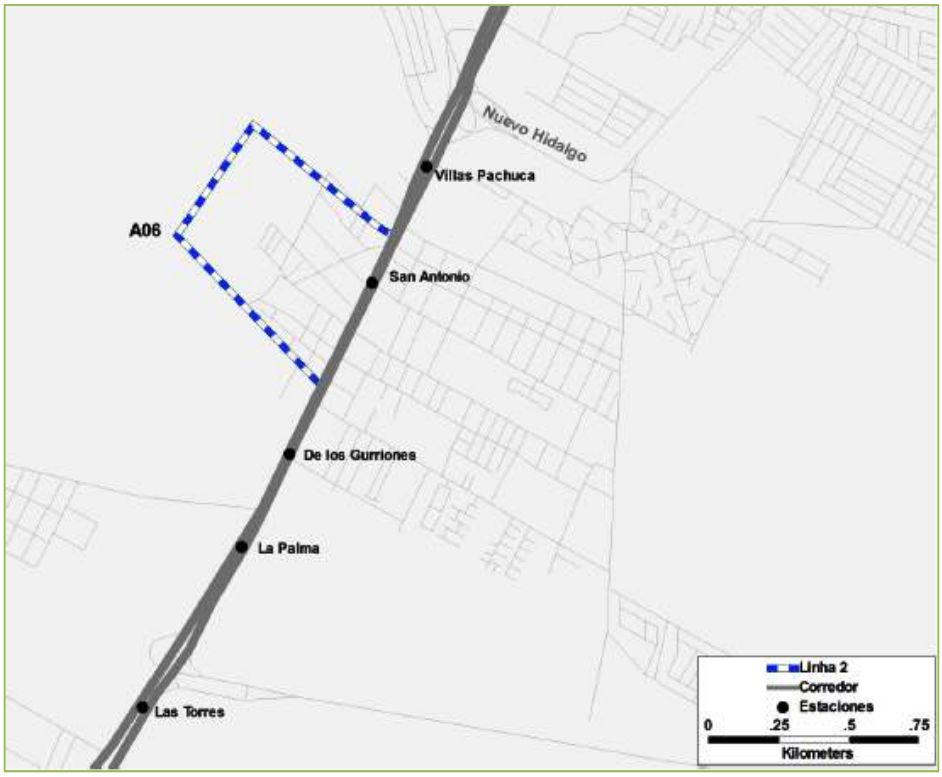
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 53 Trazado Ruta Alimentadora 05



Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 54 Trazado Ruta Alimentadora 06.

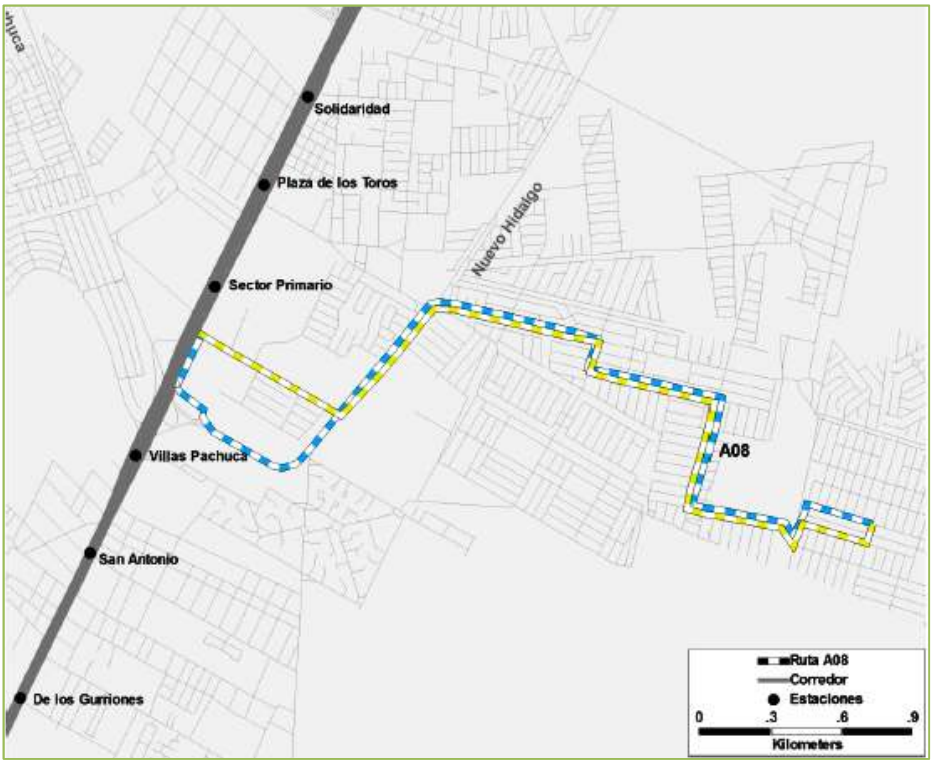


Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 55 Trazado Ruta Alimentadora 07.

Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 56 Trazado Ruta Alimentadora 08.

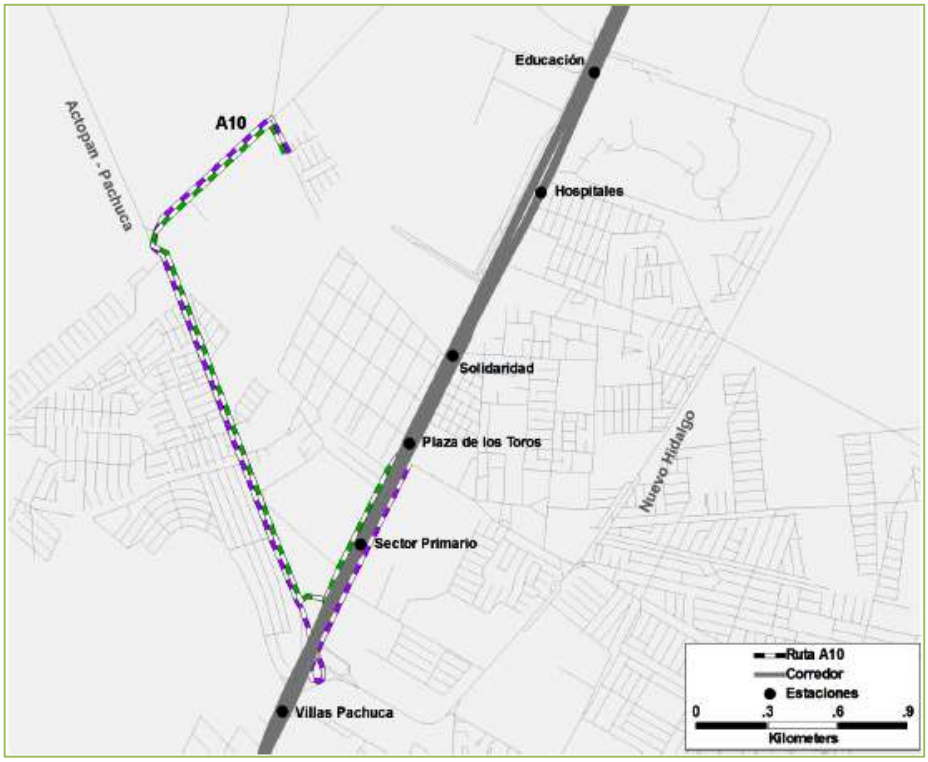


Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 57 Trazado Ruta Alimentadora 09.

Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 58 Trazado Ruta Alimentadora 10.

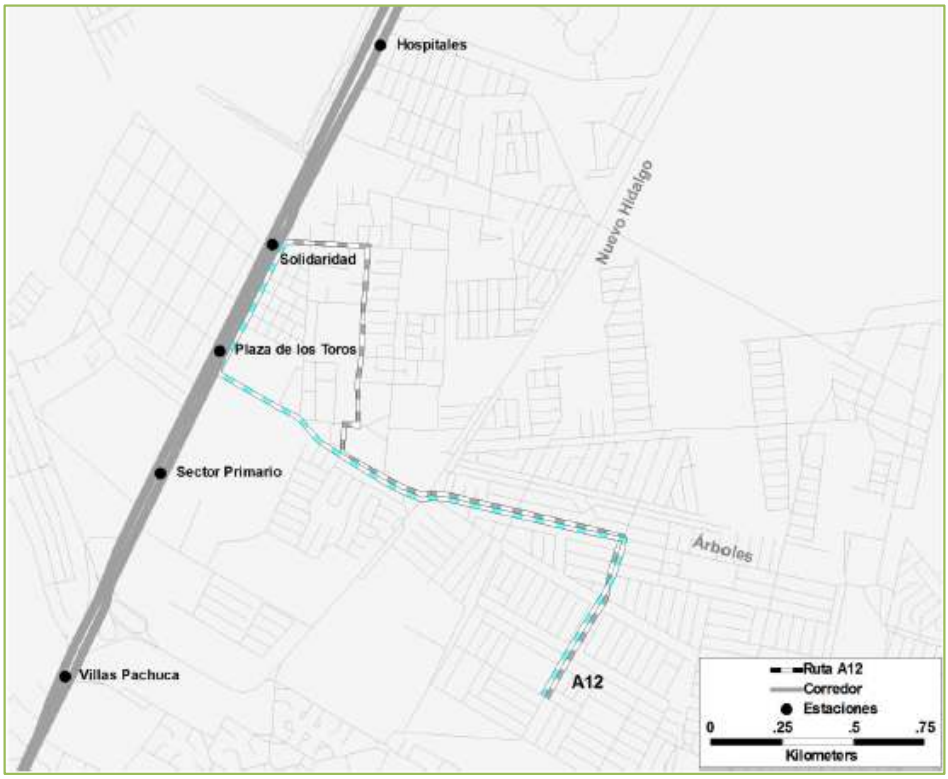


Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 59 Trazado Ruta Alimentadora 11.

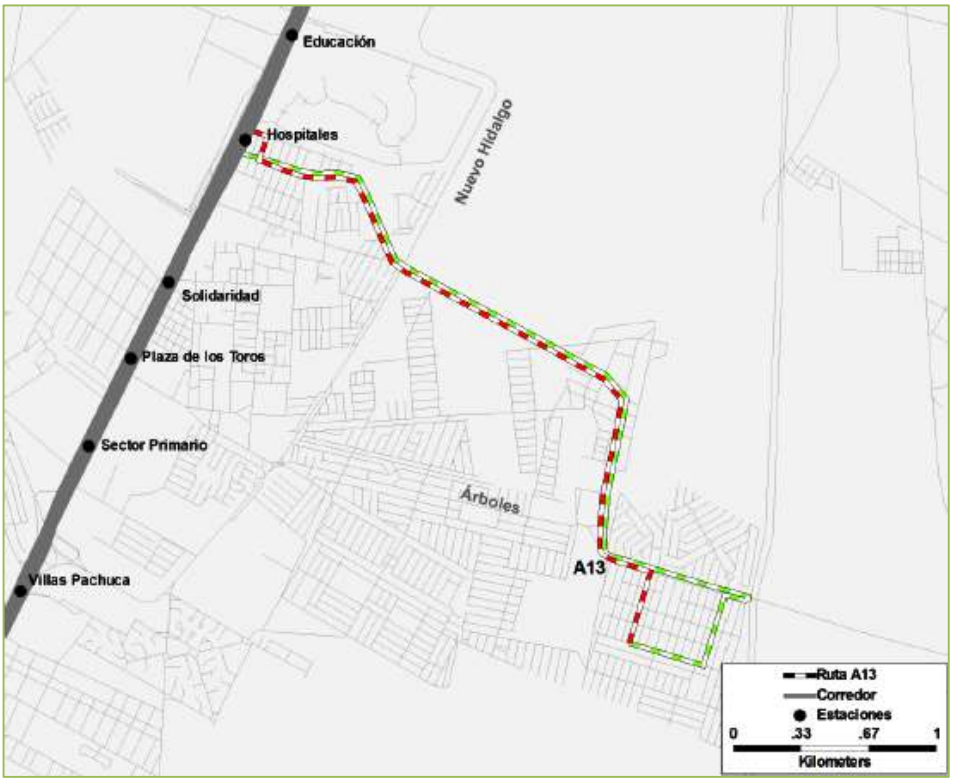
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 60 Trazado Ruta Alimentadora 12.



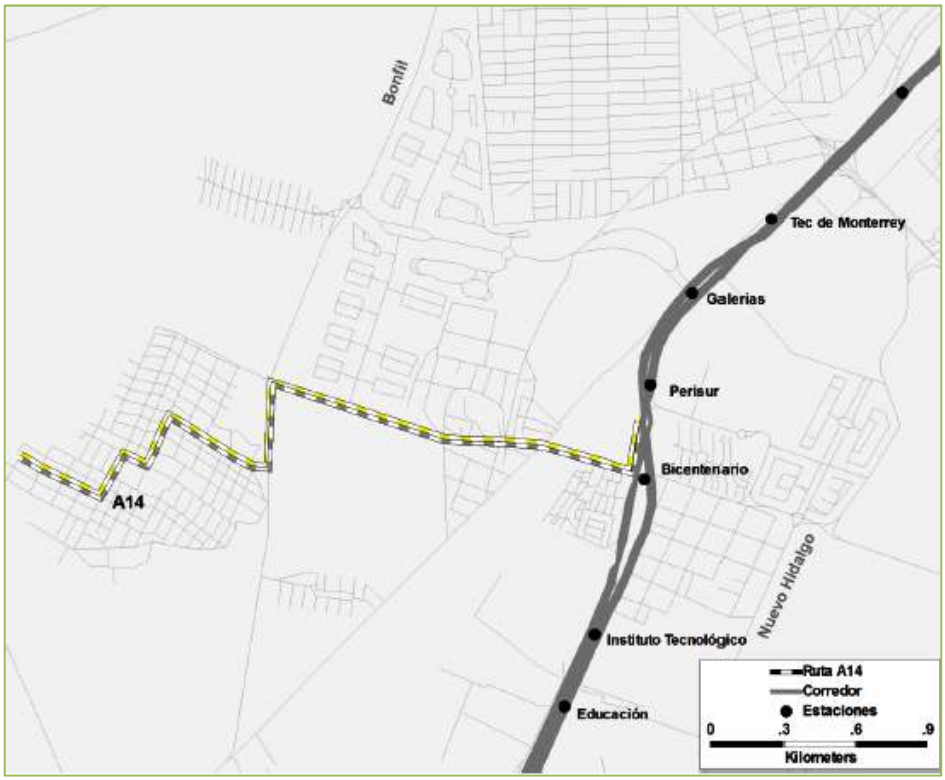
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 61 Trazado Ruta Alimentadora 13.



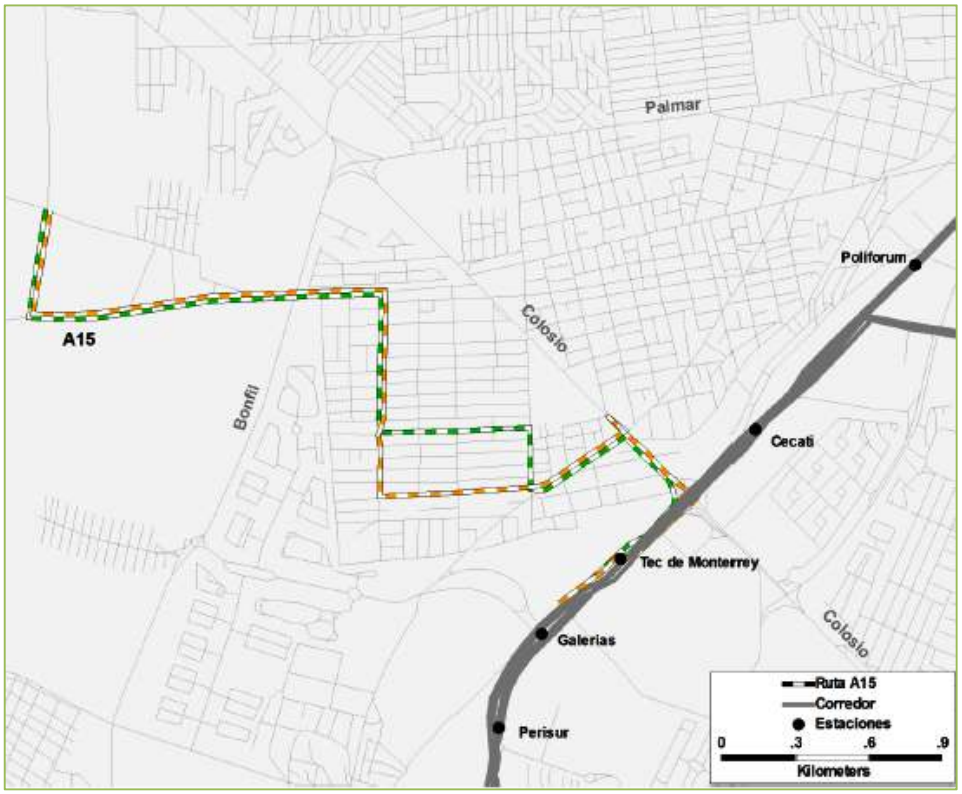
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 62 Trazado Ruta Alimentadora 14.



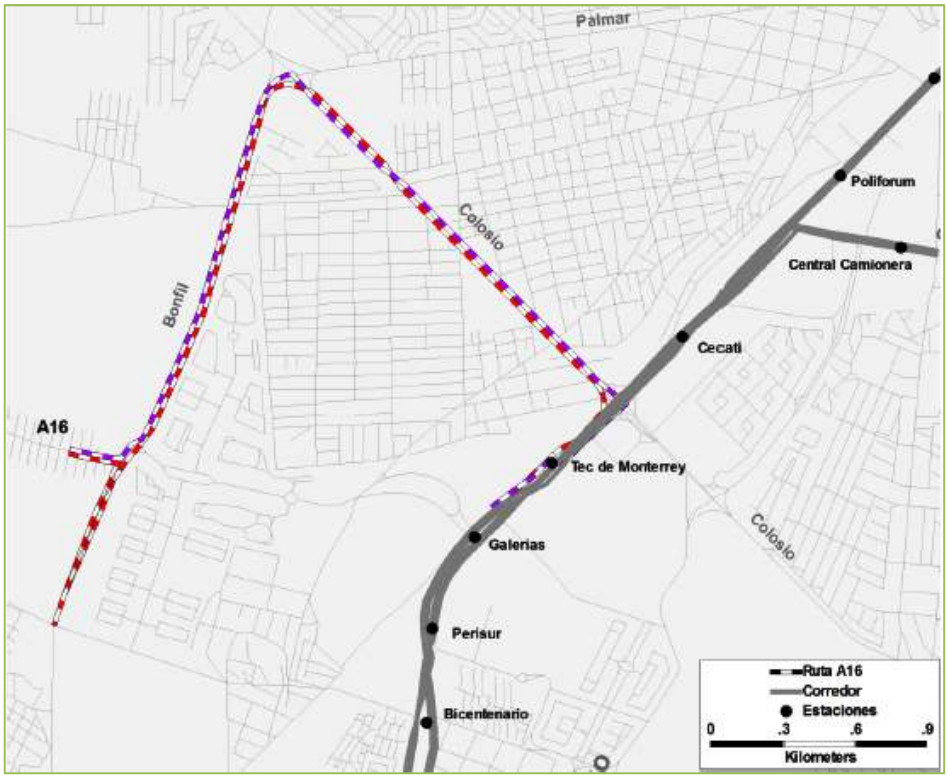
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 63 Trazado Ruta Alimentadora 15.



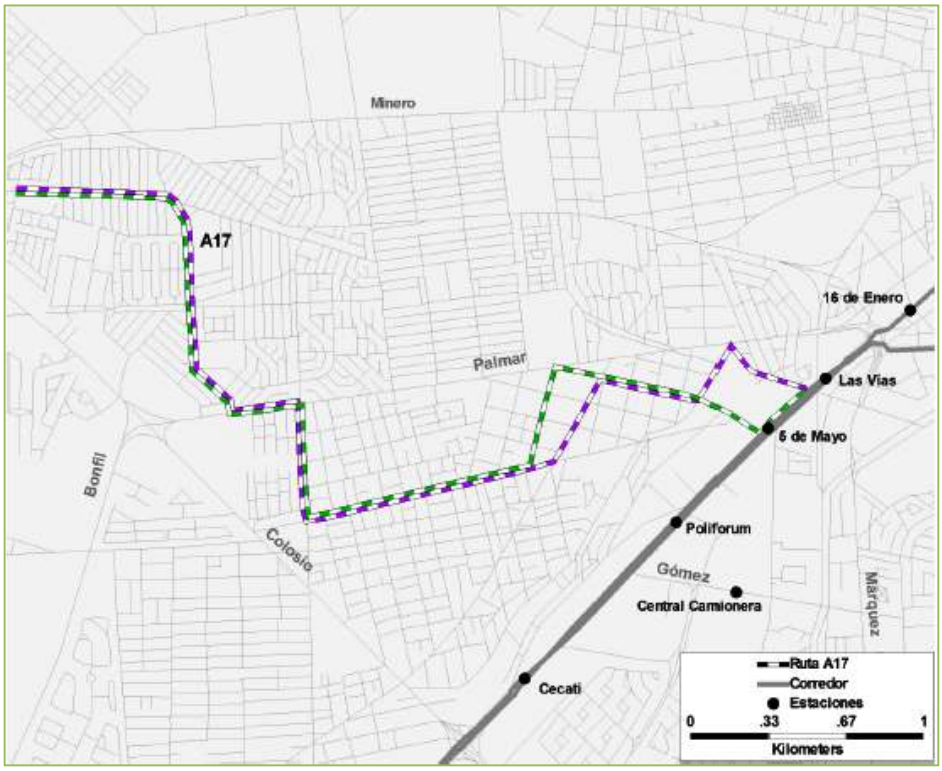
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 64 Trazado Ruta Alimentadora 16.



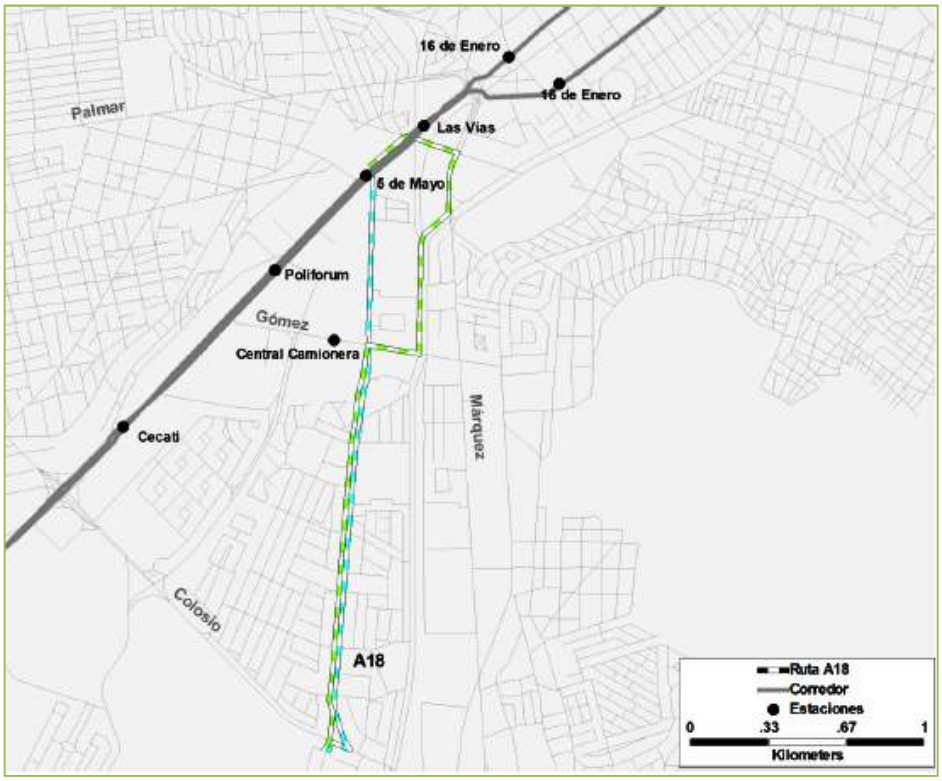
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 65 Trazado Ruta Alimentadora 17.



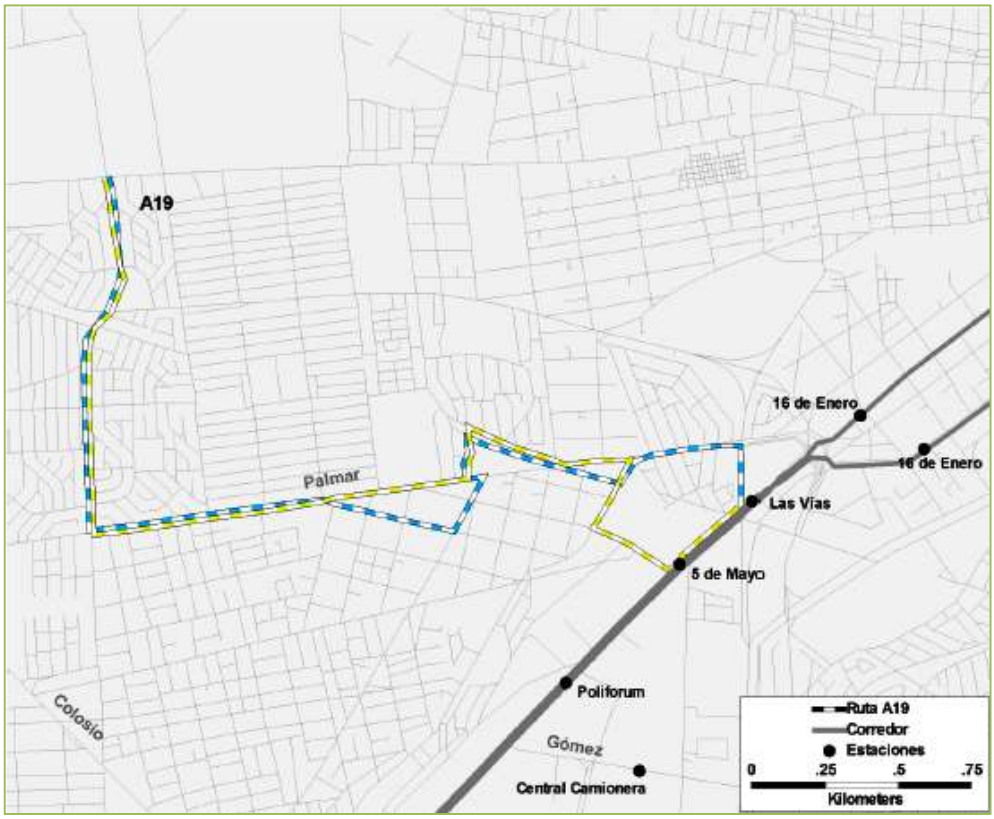
Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 66 Trazado Ruta Alimentadora 18



Fuente: ITS Technology de México

Ilustración 67 Trazado Ruta Alimentadora 19.



Fuente: ITS Technology de México

ix. 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. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Abril 2012
3. Ciclo del Proyecto del Transporte Masivo del Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM. BANOBRAS. México 2011