

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PROYECTO “CONSTRUIR EL TREN INTERURBANO MÉXICO-
TOLUCA 1ERA ETAPA”

NOVIEMBRE 2013



Análisis Costo Beneficio del TITV

CONTENIDO

Contenido.....	i
Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas.....	vi
1. Resumen ejecutivo	1
1.1. Problemática, objetivo y descripción del proyecto.....	1
1.2. Horizonte de evaluación, costos y beneficios del proyecto	6
1.3. Indicadores de rentabilidad del proyecto	6
2. Situación actual del proyecto de inversión	8
2.1. Diagnóstico de la situación actual.....	8
2.2. Análisis de la oferta existente.....	15
2.2.1. Principales vialidades del corredor.....	15
2.2.2. Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de México.....	16
2.2.3. Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	20
2.2.4. Caracterización de la oferta en transporte público	31
2.2.5. Caracterización de la oferta de red vial	62
2.3. Análisis de la demanda actual	74
2.3.1. Análisis de la demanda actual	75
2.3.2. Caracterización de la demanda actual en transporte privado	86
2.3.3. Expansión de la matriz de la encuesta.....	88
2.3.4. Calibración de la matriz origen destino	95
2.3.5. Análisis de la Demanda en Situación Actual.....	96
2.4. Interacción oferta – demanda.....	99
Desarrollo del modelo de elección modal	115
Desarrollo del modelo de asignación de viajes.....	117
Estimación de demandas por modos	121
Estimación de demandas por combinaciones de modos.....	124
2.4.1. Demanda Inducida por proyectos largo plazo	128
3. Situación sin el proyecto	129
3.1. Optimizaciones.....	129
3.2. Análisis de la oferta	134

Análisis Costo Beneficio del TITV

3.2.1.	Principales vialidades del corredor.....	134
3.2.2.	Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de México.....	135
3.2.3.	Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	135
3.3.	Análisis de la demanda.....	139
3.4.	Diagnóstico de la interacción oferta – demanda	142
3.5.	Alternativas de solución	145
4.	Situación con el proyecto	151
4.1.	Descripción general	151
4.1.1.	Velocidad máxima, comercial, tiempos de recorrido, intervalo	151
4.2.	Alineación estratégica	152
4.2.1.	Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018.....	152
4.2.2.	Plan de Desarrollo del Estado de México 2011 - 2017	152
4.3.	Localización geográfica	153
4.4.	Calendario de actividades	154
4.5.	Monto total de inversión.....	154
4.6.	Financiamiento.....	154
4.7.	Capacidad instalada	155
4.8.	Metas anuales y totales de producción	155
4.9.	Vida útil	156
4.10.	Descripción de los aspectos más relevantes	157
4.10.1.	Estudios técnicos	157
4.10.2.	Estudios legales.....	157
4.10.3.	Estudios ambientales	158
4.10.4.	Estudios de mercado.....	158
4.10.5.	Estudios específicos	158
4.11.	Análisis de la oferta	158
4.12.	Análisis de la demanda.....	158
4.13.	Interacción oferta – demanda.....	163
5.	Evaluación del Proyecto.....	168
5.1.	Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto.	169
5.1.1.	Costo de inversión inicial.....	169

Análisis Costo Beneficio del TITV

5.1.2.	Costo por molestias	169
5.1.3.	Costo de operación - Adquisición de nuevo material móvil	170
5.1.4.	Costo de operación y mantenimiento	170
5.2.	Identificación, cuantificación y valoración de beneficios del proyecto	170
5.2.1.	Liberación de recursos en Costos de Operación Vehicular	170
5.2.2.	Ahorros en Tiempo de Viaje para la demanda captada	172
5.2.3.	Ahorros en Tiempo de Viaje para la demanda no captada	174
5.2.4.	Perpetuidad de los beneficio	176
5.3.	Cálculo de los indicadores de rentabilidad	176
5.4.	Análisis de sensibilidad.....	179
5.4.1.	Inversión	179
5.4.2.	Operación y mantenimiento	180
5.4.3.	Liberación de recursos por COV	180
5.4.4.	Ahorros en TV en la demanda captada por el proyecto	181
5.4.5.	Ahorros en TV en la demanda no captada por el proyecto	181
5.4.6.	Ahorros en TV en la demanda total del proyecto (captada y no captada).....	182
5.4.7.	Demanda del proyecto (cambios en ahorro en COV y TV en demanda captada y no captada).....	182
5.4.8.	Sensibilidad respecto a las tarifas analizadas	183
5.5.	Análisis de riesgos	183
6.	Conclusiones y recomendaciones	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Trazo del proyecto	5
Figura 2-1. Expansión urbana de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	12
Figura 2-2. Expansión urbana de la Zona Metropolitana del Valle de México	13
Figura 2-3. Área analizada en el presente estudio	14
Figura 2-4. Área analizada en el Estado de México y el Distrito Federal	14
Figura 2-5. Infraestructura vial y sistema de transporte público en las delegaciones de influencia del corredor.....	16
Figura 2-6. Infraestructura vial y sistema de transporte en Huixquilucan Estado de México	18
Figura 2-7. Principales vialidades de la delegación Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Miguel Hidalgo y Huixquilucan	18
Figura 2-8. Principales vialidades de Toluca, Lerma, Metepec, Ocoyoacac y Xonacatlan.....	21
Figura 2-9. Infraestructura vial y sistema de transporte en Toluca, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán, Estado de México.....	22
Figura 2-10. Corredores y puertas a la ZMVT	28
Figura 2-11. Resultado de aforos automáticos Paseo Tollocan	30
Figura 2-12. Red de transporte considerada dentro del estudio	34
Figura 2-13. Paradas de la red transporte público considerada en el estudio	35
Figura 2-14. Gráfica del tipo de paradas realizadas por el transporte público en el área de estudio	36
Figura 2-15. Ubicación de los cierres de circuito de la red bajo estudio	37
Figura 2-16. Red de rutas verificadas	39
Figura 2-17. Ubicación de puntos de aforo automático	40
Figura 2-18. Ubicación de puntos de frecuencia de paso y ocupación visual.....	41
Figura 2-19. Puntos de revisión de ascenso y descenso en el transporte.....	42
Figura 2-20. Tramos recorridos para los estudios de tiempos de demoras	43
Figura 2-21. Rutas Urbanas y Suburbanas de Toluca	45
Figura 2-22. Rutas estudiadas en la zona de influencia del proyecto en el DF.....	46
Figura 2-23. Red de rutas en el área de influencia	52
Figura 2-24. Cuencas de servicio de la red de rutas estudiadas	53
Figura 2-25. Área de cuencas de servicio (500 y 1000 metros) para cada red de transporte	53
Figura 2-26. Indicadores de la red de transporte público estudiada (72 rutas).....	54
Figura 2-27. Paradas de la red transporte público considerada en el estudio	55
Figura 2-28. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas estudiadas.....	56
Figura 2-29. Parque vehicular de las 32 rutas estudiadas en el DF	57
Figura 2-30. Parque vehicular de las 29 rutas estudiadas en Toluca Estado de México	57
Figura 2-31. Parque vehicular de las 11 rutas foráneas estudiadas	58
Figura 2-32. Oferta del servicio de la red estudiada.....	59
Figura 2-33. Puntos de aforo automático ubicados en la ZMVT	59
Figura 2-34. Puntos de aforo automático ubicados en la ZMVM	60
Figura 2-35. Variación semanal de flujos vehiculares en aforo automático 1era parte	61
Figura 2-36. Variación semanal de flujos vehiculares en aforo automático 2da parte	62

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-37. Parámetros cualitativos – Paseo Tollocan	69
Figura 2-38. Parámetros cualitativos – Av. Solidaridad –Las Torres	69
Figura 2-39. Parámetros cualitativos – José Ma. Pino Suárez.....	69
Figura 2-40. Parámetros cualitativos – Isidro Favela.....	70
Figura 2-41. Parámetros cualitativos – Lic. Adolfo López Mateos.....	70
Figura 2-42. Parámetros cualitativos – Av. Tecnológico.....	70
Figura 2-43. Parámetros cualitativos – Av. López Portillo.....	71
Figura 2-44. Parámetros cualitativos – Av. Miguel Alemán	71
Figura 2-45. Parámetros cualitativos – Paseo Colón.....	71
Figura 2-46. Parámetros cualitativos – De las Torres -Acueducto	72
Figura 2-47. Parámetros cualitativos – Paseo de la Reforma	72
Figura 2-48. Parámetros cualitativos – Av. Constituyentes	72
Figura 2-49. Parámetros cualitativos – Vasco de Quiroga	73
Figura 2-50. Parámetros cualitativos – Sur 122	73
Figura 2-51. Parámetros cualitativos – Av. Primero de Mayo	73
Figura 2-52. Parámetros cualitativos – Las Torres - Naucalpan	74
Figura 2-53. Trabajos de campo realizados para estimar oferta y demanda	75
Figura 2-54. Cédula de la encuesta OD	78
Figura 2-55. Tarjeta para los usuarios de la Autopista México - Toluca	80
Figura 2-56. Tarjeta para los usuarios del Transporte Urbano	81
Figura 2-57. Tarjeta para los Usuarios del Transporte Foráneo	81
Figura 2-58. Resultado de once puntos de frecuencia de paso y ocupación visual en la parte de México.....	83
Figura 2-59. Resultado de cuatro puntos de frecuencia de paso y ocupación visual en la parte de Toluca	84
Figura 2-60. Polígono de carga resultado del estudio de ascenso-descenso (OP).....	85
Figura 2-61. Polígono de carga resultado del estudio de ascenso-descenso (PO).....	86
Figura 2-62. Resultado de 6 puntos de aforo	87
Figura 2-63. Resultado de 4 puntos de aforo en Toluca.....	88
Figura 2-64. Estimación de factores de expansión	89
Figura 2-65. Zonificación 2007.....	103
Figura 2-66. Zonificación del área de estudio.....	105
Figura 2-67. Derroteros codificados en VISUM.....	107
Figura 2-68. muestra la codificación del proyecto en Visum.....	110
Figura 2-69 Derrotero en Visum	111
Figura 2-70 Derroteros codificados en Visum	112
Figura 2-71 Curvas de distribución de tiempo de viaje	115
Figura 2-72 Curvas de distribución de costo de viaje	115
Figura 2-73 Coeficientes de impedancias	123
Figura 2-74. Coeficientes de funciones de impedancia.....	125
Figura 3-1. Infraestructura vial y sistema de transporte público en las delegaciones de influencia del corredor en la ZMVM	135
Figura 3-2. Principales vialidades de Toluca, Lerma, Metepec, Ocoyoacac y Xonacatlan.....	136
Figura 3-3. Infraestructura vial y sistema de transporte en Toluca, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán, Estado de México.....	137

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 3-4. Corredores y puertas a la ZMVT	138
Figura 3-5 Opciones analizadas de transporte masivo	147
Figura 3-6. Trazo elegido	149
Figura 4-1. Macrolocalización del proyecto	153
Figura 4-2. Microlocalización del proyecto	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Indicadores de rentabilidad social	7
Tabla 2-1. Población de la ZMVT	10
Tabla 2-2. Población del Distrito Federal	11
Tabla 2-3. Rutas estudiadas en la porción poniente de la Ciudad de México	32
Tabla 2-4. Rutas estudiadas en el Valle de Toluca	33
Tabla 2-5. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas analizadas (Chapultepec y Cuatro caminos)	47
Tabla 2-6. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas analizadas (Observatorio y Tacubaya)	47
Tabla 2-7. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas analizadas (Toluca)	48
Tabla 2-8. Datos de la oferta de servicios (Chapultepec y Cuatro Caminos)	48
Tabla 2-9. Datos de la oferta de servicios (Observatorio-Tacubaya)	49
Tabla 2-10. Datos de la oferta de servicio (Toluca)	49
Tabla 2-11. Datos de la oferta de servicio (Foráneo-Cuatro Caminos, Foráneo -Observatorio)	50
Tabla 2-12. Datos de la oferta de servicio (Foráneo – Cuatro Caminos – Observatorio)	50
Tabla 2-13. Indicadores de la red de transporte estudiada	51
Tabla 2-14. Datos e indicadores de demanda en transporte público	94
Tabla 2-15. Demanda total en la situación actual por segmento (usuarios)	97
Tabla 2-16. Demanda total de transporte público en la situación actual por segmento (usuarios)	98
Tabla 2-17. Demanda total de transporte privado en la situación actual por segmento (usuarios)	99
Tabla 2-18. Velocidad Media de Viaje Horas Pico Sentido Toluca – DF (km/h)	100
Tabla 2-19. Velocidad Media de Viaje Horas Pico Sentido DF – Toluca (km/h)	100
Tabla 2-20. Velocidad Media de Viaje Horas No Pico Sentido Toluca – DF (km/h)	100
Tabla 2-21. Velocidad Media de Viaje Horas No Pico Sentido DF – Toluca (km/h)	100
Tabla 2-22. Distancias Medias de Viajes Sentido Toluca – DF	101
Tabla 2-23. Distancias Medias de Viajes Sentido DF – Toluca	101
Tabla 2-24. Tiempo Medio de Viaje Horas Pico Sentido Toluca - DF	101
Tabla 2-25. Tiempo Medio de Viaje Horas Pico Sentido DF - Toluca	101
Tabla 2-26. Tiempo Medio de Viaje Horas No Pico Sentido Toluca - DF	101
Tabla 2-27. Tiempo Medio de Viaje Horas No Pico Sentido DF - Toluca	102
Tabla 2-28. Volumen diario vehicular	119
Tabla 2-29. Volumen diario de pasajeros	119
Tabla 2-30. Coeficientes de funciones de impedancia por segmento de demanda	127
Tabla 3-1. Cambio en la oferta en la situación optimizada	139

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 3-2. Demanda total en la situación actual por segmento (usuarios)	140
Tabla 3-3. Demanda total de transporte público en la situación actual por segmento (usuarios)	141
Tabla 3-4. Demanda total de transporte privado en la situación actual por segmento (usuarios)	142
Tabla 3-5. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF – Transporte público	143
Tabla 3-6. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte público	143
Tabla 3-7. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado.....	143
Tabla 3-8. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado	144
Tabla 3-9. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido – DF- Toluca – Transporte público	144
Tabla 3-10. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte público	144
Tabla 3-11. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado	144
Tabla 3-12. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado	145
Tabla 3-13. VAC de las alternativas analizadas (mdp de 2013)	150
Tabla 4-1. Metas anuales de atención (pasajeros atendidos por día)	156
Tabla 4-2. Demanda total diaria por segmento de demanda con proyecto.....	160
Tabla 4-3. Demanda total diaria captada de transporte público por segmento de demanda	161
Tabla 4-4. Demanda total diaria captada de transporte privado por segmento de demanda.....	162
Tabla 4-5. Distancias Medias de Viajes Sentido Toluca – DF (km)	163
Tabla 4-6. Distancias Medias de Viajes Sentido DF – Toluca.....	163
Tabla 4-7. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF – Transporte público.....	163
Tabla 4-8. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte público.....	164
Tabla 4-9. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado	164
Tabla 4-10. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado.....	164
Tabla 4-11. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido – DF- Toluca – Transporte público	164
Tabla 4-12. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte público.....	165
Tabla 4-13. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado.....	165
Tabla 4-14. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado	165
Tabla 4-15. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF – Transporte público para demanda no captada	165
Tabla 4-16. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte público para demanda no captada	166
Tabla 4-17. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado para demanda no captada	166
Tabla 4-18. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado para demanda no captada	166
Tabla 4-19. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido – DF- Toluca – Transporte público para demanda no captada	166
Tabla 4-20. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte público para demanda no captada	167
Tabla 4-21. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado para demanda no captada	167
Tabla 4-22. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado para demanda no captada	167
Tabla 5-1. Monto de inversión por año (mdp de 2103 sin IVA)	169

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-2. Costos por molestia totales (mdp de 2103 sin IVA).....	169
Tabla 5-3. Proyección de la liberación de recursos en COV en transporte privado (mdp de 2013 sin IVA).....	171
Tabla 5-4. Proyección de la liberación de recursos en COV en transporte público (mdp de 2013)	172
Tabla 5-5. Proyección del ahorro en TV del transporte privado (mdp de 2013).....	173
Tabla 5-6. Proyección del ahorro en TV del transporte público (mdp de 2013)	174
Tabla 5-7. Proyección del ahorro en TV del transporte privado no captado (mdp de 2013).....	175
Tabla 5-8. Proyección del ahorro en TV del transporte público no captado (mdp de 2013)	176
Tabla 5-9. Flujo de costos y beneficios del proyecto (mdp de 2013 sin IVA)	177
Tabla 5-10. Flujo descontado de costos y beneficios del proyecto (mdp de 2013 sin IVA).....	178
Tabla 5-11. Indicadores de rentabilidad.....	179
Tabla 5-12. Análisis de sensibilidad en costos de inversión	180
Tabla 5-13. Análisis de sensibilidad en costos de operación y mantenimiento.....	180
Tabla 5-14. Análisis de sensibilidad en liberación de recursos COV	181
Tabla 5-15. Análisis de sensibilidad en ahorros en TV en demanda captada	181
Tabla 5-16. Análisis de sensibilidad en ahorros en TV en demanda no captada	182
Tabla 5-17. Análisis de sensibilidad en ahorros en TV en demanda no captada	182
Tabla 5-18. Análisis de sensibilidad en demanda.....	183
Tabla 5-19. Análisis de sensibilidad en tarifas analizadas	183

1. Resumen ejecutivo

1.1. Problemática, objetivo y descripción del proyecto

La importancia del proyecto del tren México – Toluca no debe limitarse a una visión que busque solamente solucionar un problema de desplazamientos entre dos grandes ciudades, sino más bien, se debe ver como un proyecto que además busca dar solución a problemas del pasado en diversas áreas del desarrollo de un país, de una región, de una ciudad y que por diversas razones no se ha podido concretar. Si bien el presente documento está centrado en la visión de solución de los desplazamientos, otras acciones que se ven afectadas o intervienen en la solución planteada están presentes y se incorporan al documento.

De esta forma, el proyecto que se presenta más adelante tiene dos finalidades principales: por una parte, mejorar y sobretodo mantener dentro de niveles óptimos de servicio la movilización diaria de al menos 700 mil pasajeros/día registrados dentro del corredor bajo estudio durante 2012 y por otra parte, servir como columna vertebral al transporte regional y urbano, de tal forma que permita ordenar y optimizar la operación de los espacios urbanos y rurales ahí contenidos.

El proyecto en sí conecta dos áreas urbanas con un grado diferente de desarrollo y densidad urbana, a través de un tramo o corredor netamente rural con características de parque nacional. A lo largo de los últimos 20 años estas dos áreas han crecido notablemente en población con niveles poco sostenibles, absorbiendo espacios de conservación y cuyas consecuencias se preveían desde los 80s, ejerciéndose una fuerte presión en el cambio de densidades y usos de suelo.

Así, las demandas de transporte entre Toluca y la Ciudad de México se ubicaban en el orden de los 80 mil viajes persona/día para 1984 y sus límites urbanos se presentaban a la altura de El Yaqui en la Ciudad de México y de la Estación de Ferrocarril en la zona correspondiente a Toluca. Hoy en día ambas ciudades se han expandido como se muestra más adelante y han ido invadiendo los bosques de la Sierra de las Cruces. Así, por el lado de Toluca, se ha consolidado su zona metropolitana absorbiendo al pueblo de Lerma y en la porción correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México ésta se ha extendido a las inmediaciones de La Venta (Acopilco, Cola de Pato) e iniciado una penetración paulatina pero constante sobre los terrenos del Parque Nacional Miguel Hidalgo (Desierto de los Leones).

El desorden de crecimiento urbano que se ha generado en estos años debe contenerse y ser solucionado. Así, las zonas ubicadas al poniente de la Ciudad de México han presentado un crecimiento importante, invadiendo las barrancas y centrando su desarrollo sobre las llamadas “costillas” y terrenos de relleno sanitario del poniente de la ciudad. Este desarrollo no ha llevado aparejado las debidas penetraciones por el poniente a la Ciudad de México las cuales se han visto limitadas básicamente a cuatro vialidades: la Av. Constituyentes (1), la Av. Reforma (2), la Av. Vasco de Quiroga/Santa Fe (3) y la recientemente abierta Autopista del Poniente (4), la cual implicó una inversión de \$9,000 millones de pesos para una longitud de 10 km y una capacidad máxima de viajes estimada en 68,000 viajes persona/día (45,000 veh/día).

Estas cuatro vialidades presentan poca posibilidad de ampliación bajo las secciones transversales actuales y ocupación de las zonas adyacentes, la solución de esto representa montos significativos de inversión dadas las limitantes de

Análisis Costo Beneficio del TITV

derecho de vía y orografía de la zona. Hoy en día, la zona de desarrollo inmobiliario más importante de la Ciudad de México y probablemente del país se encuentra colapsada ante la falta de alternativas para acceder a los sistemas de transporte de la ciudad, así como para proveer de espacio suficiente para albergar el estacionamiento de los vehículos que acceden a las zonas de alto desarrollo inmobiliario del poniente (Santa Fe, El Pantalón, Interlomas).

A su vez, no se han implementado soluciones de transporte público en la zona y no se garantiza un movimiento ágil de los más de 60,000 mil viajes persona/día que solamente se generan entre la zona de Santa Fe y Observatorio. Es importante señalar que las últimas actuaciones de transporte masivo en la zona poniente datan de finales de los 60s, con la construcción de la estación Observatorio y la terminal oriente de autobuses. Si bien los requerimientos de ampliación del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro) al poniente de la estación Observatorio no fueron planteados en su Plan Maestro de Trenes Eléctricos de 1997 debido a las características orográficas de la zona. La profusión de desarrollos comerciales e inmobiliarios en esta zona a partir de 1989 y de manera más intensa a partir de la década de 2000, requiere de su revisión y atención a fin de atender el notorio desfase y necesidad existente de transporte en la zona.

Por su parte, la Zona Metropolitana de Toluca presenta un problema de expansión urbana con una baja densidad poblacional (47.6 hab/ha), lo cual en parte se debe a un desarrollo urbano con baja regulación ante las presiones de los 22 municipios que la integran por generar derechos y recursos a través de figuras de desarrollos inmobiliarios. Así, la Ciudad de Toluca presenta tres conexiones principales con la Ciudad de México: La Autopista México-Toluca (Tollocan), la Av de las Torres por el oriente y por el noreste la Carretera Naucalpan-Toluca.

Si bien el Paseo Tollocan presenta una sección transversal muy amplia (120m, promedio) con tres carriles laterales y tres centrales, así como un derecho de vía utilizado por el transporte de carga ferroviario y un amplio y bello parque lineal, es poco probable que se permita una ampliación en la sección vial dadas las características particulares de dicho paseo en el tema ambiental y de imagen de la ciudad. El uso de suelo en el corredor es inminentemente industrial con industrias consolidadas de gran calado desde los años 60s y 70s, pero que ha logrado mantener una imagen urbana positiva y se ha consolidado este parque lineal como un hito local difícil de afectar.

Una segunda alternativa de acceso por el oriente de la Ciudad de Toluca es la Av. de las Torres, la cual cruza de oriente a poniente la Ciudad de Toluca por su porción sur. Esta vialidad presenta un potencial enorme de ordenamiento y densificación territorial que pudiera seguir esquemas de desarrollo urbano orientados al transporte. Existe en este corredor el potencial de generar la primera columna vertebral de un transporte masivo en Toluca aunado a la posibilidad de acciones conjuntas entre diversas dependencias estatales y federales que permitan orientar acciones de mejora en la movilidad de los habitantes, medida no solamente como ahorros en tiempo, sino también en calidad de vida, ordenamiento espacial de la ciudad y otras condicionantes que en un reporte de esta naturaleza normalmente se deja fuera.

Así, la problemática de Toluca no se centra tanto en la dificultad de acceder a su centro urbano sino más bien en generar soluciones que busquen orientar el desarrollo urbano de su porción sur y poniente a través de una infraestructura permanente que estimule nuevas inversiones ordenadas y sensatas en las cuencas de captación de los probables nodos de atracción y desarrollo del corredor, tal y como se señala en los Planes de Desarrollo Urbano del Estado de México. La solución debe buscar no solamente asegurar el adecuado desplazamiento de los usuarios, sino que también prevenir o corregir situaciones de desarrollo urbano descontrolado, de baja densidad y sin una adecuada orientación en la estructura urbana de Toluca.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Finalmente, el tramo rural o de la Sierra de las Cruces debe servir como conexión entre ambos extremos, con características eminentemente urbanas, pero de densidades diferentes, de una manera rápida, segura y que no afecte la identidad de parque nacional. La importancia de la Sierra de las Cruces radica en sus bosques y acuíferos, mismos que deben preservarse y por ningún motivo deben dar pie a la promoción de un desarrollo urbano en la zona, especialmente en las llanuras de la Laguna de Salazar y la Marquesa.

Esta revisión global del corredor regional apunta a una imagen objetivo que considere:

- La necesidad de conectar con un sistema de transporte confiable, rápido y seguro la zona de Toluca con el poniente de la Ciudad de México y, que permita integrar las modalidades urbana y regional en los planteamientos de solución (capacidad y velocidad).
- La necesidad de lograr velocidades comerciales que puedan competir al menos con los modos tradicionales de transporte público existentes, tanto en las zonas urbanas como en los tramos regionales, permitiendo reducir los tiempos de viaje del usuario del corredor regional.
- La necesidad de un sistema troncal de transporte capaz de mantener su velocidad comercial, su calidad de servicio e incrementar su capacidad conforme a los requerimientos de la demanda durante una vida proyectada en un horizonte de tiempo considerable.
- La necesidad de contar con un sistema que pueda absorber crecimientos en su oferta sin mayores inversiones en su infraestructura.
- La necesidad de priorizar el transporte público sobre el transporte privado con el fin de reducir los impactos que el mismo conlleva en el medio ambiente, la expansión de las ciudades y en la atención a la ciudadanía que requiere infraestructura de calidad.
- La necesidad de promover un cambio en el reparto modal del automóvil al transporte público de tal suerte que se logren reducir las presiones por las ampliaciones viales, sobre todo en las zonas con orografía complicada.
- La necesidad de mantener los costos de transporte regional dentro de los rangos actuales a fin de no afectar la economía familiar.
- La necesidad de no afectar el medio ambiente y en particular los llamados “santuarios del agua” así como las zonas boscosas de la Sierra de las Cruces y no ser un factor de promoción del crecimiento entre las dos urbes.
- La necesidad de ordenar el desarrollo urbano en aquellas zonas de nueva creación o con un potencial de desarrollo a futuro, mediante medidas y sistemas de transporte que promuevan la densificación y el control en la expansión urbana.

Uno de los factores para el desarrollo económico de las entidades federativas son sus comunicaciones y el transporte. Tanto en el Estado de México como en el Distrito Federal la población de las Zonas Metropolitanas ha aumentado de manera importante los últimos años. Debido a esto, el número de traslados en esas zonas se han acrecentado sin que el sistema de transporte público y la infraestructura se adapte a la par de su crecimiento.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Se han realizado obras para mejorar el transporte público, sin embargo, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) carece de un sistema adecuado de transporte público que mejore las condiciones de comunicación con la Ciudad de México (Zona de Observatorio). Las condiciones actuales del transporte público urbano, suburbano y foráneo en esta zona metropolitana, presenta elevados tiempos de viaje, altos costos de operación vehicular y bajas condiciones de seguridad y confort.

Las áreas de mayor relevancia identificadas en la problemática de transporte son; la Zona de Toluca, la Zona Interurbana y la Zona Urbana de la Ciudad de México. En menor grado resultó el Aeropuerto de la Ciudad de Toluca y la vinculación con Naucalpan.

La problemática se puede sintetizar en que cada día cientos de miles de personas realizan traslados entre Toluca y la Ciudad de México, pero la congestión tanto en la salida de Toluca como en la zona de Santa Fe y Observatorio en la Ciudad de México, provocan que un recorrido de aproximadamente 60 kilómetros (km) no se realice en condiciones competitivas ni en costo ni en tiempo. Actualmente, en Horas de Máxima Demanda (HMD), un viaje que inicia en el Municipio de Zinacantepec al poniente de Toluca y que tiene como destino final el Anillo Periférico en la Ciudad de México entrando por Av. de los Constituyentes, se realiza en no menos de 130 minutos.

El proyecto tiene como objetivo principal atender la problemática de transporte que se presenta en el corredor que abarca la ZMVT y el tramo interurbano que conecta la Ciudad de Toluca con la Ciudad de México, y pasa por la zona de Santa Fe y Observatorio, justo en la entrada de la Ciudad de México.

Adicionalmente el proyecto denominado “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca-Valle de México” se encuentra alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2017 en los siguientes apartados:

- IV.2. Plan de acción: eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país: Incrementar y democratizar la productividad también involucra contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica y que genere una logística más dinámica. Esto se traduce en líneas de acción tendientes en ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos del transporte, mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia, promover un mayor uso del transporte público en sistemas integrados de movilidad, así como garantizar más seguridad y menor accidentalidad en las vías de comunicación. Asimismo, se buscará propiciar una amplia participación del sector privado en el desarrollo de proyectos de infraestructura a través de asociaciones público-privadas.
- Objetivo 2.5. Proveer un entorno adecuado para el desarrollo de una vida digna, Estrategia 2.5.1. Transitar hacia un Modelo de Desarrollo Urbano Sustentable e Inteligente que procure vivienda digna para los mexicanos, Línea de acción *“Fomentar una movilidad urbana sustentable con apoyo de proyectos de transporte público y masivo, y que promueva el uso de transporte no motorizado”*.
- Objetivo 4.9. Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica, Estrategia 4.9.1. Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad, Línea de acción, Transporte urbano, *“Mejorar la movilidad de las ciudades mediante sistemas de transporte urbano masivo”*.

La solución propuesta, consiste en un servicio de transporte masivo de tipo ferroviario regional que constituye una alternativa de transporte de pasajeros segura, rápida, cómoda, accesible en precio y ecológicamente sustentable. El proyecto contará con una longitud total de 57.7 km, 6 estaciones y un taller. Su velocidad máxima será de 160 km/h y la

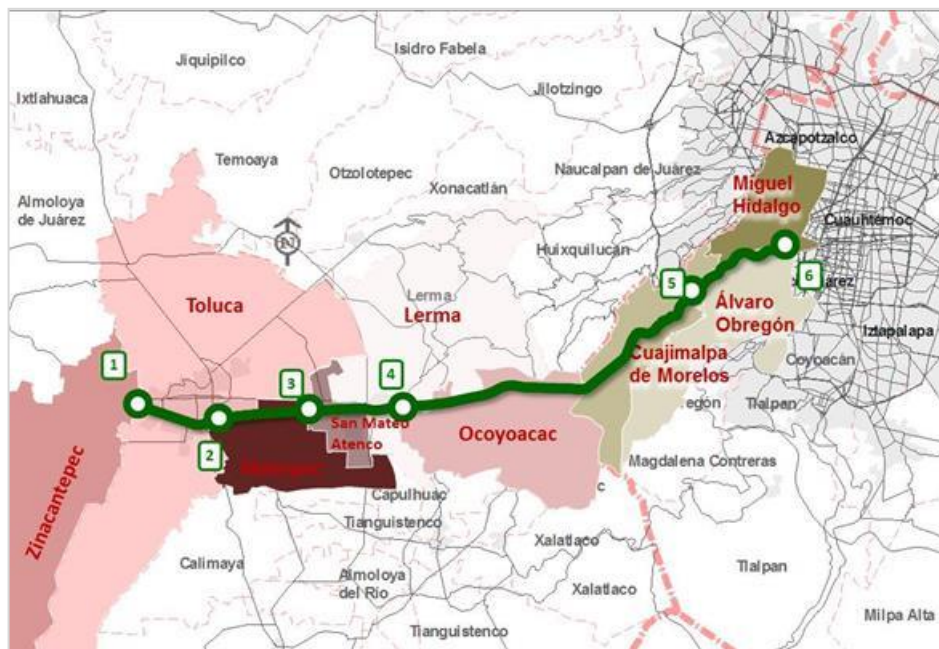
Análisis Costo Beneficio del TITV

velocidad comercial de 90 km/h. De las 6 estaciones, 2 son terminales (Zinacantepec y Observatorio) y 4 intermedias (Cristóbal Colón, Metepec, Lerma, y Santa Fe). La longitud de las estaciones será de 200 metros (m):

- 1) Estación terminal – Zinacantepec;
- 2) Estación intermedia – Cristóbal Colón;
- 3) Estación intermedia - Metepec;
- 4) Estación intermedia - Lerma;
- 5) Estación intermedia - Santa Fe; y
- 6) Estación terminal - Observatorio.

El trazo del proyecto se presenta en la Figura 1-1.

Figura 1-1. Trazo del proyecto



Fuente: SENER.

El tiempo comercial de recorrido de un tren entre las estaciones terminales será de aproximadamente 39 minutos y la vuelta completa será inferior a 90 minutos. La capacidad máxima del tren en hora de máxima demanda será 15,660 pasajeros en una frecuencia de 4-6 minutos y una capacidad por tren de 1,044 pasajeros (560 sentados y 484 de pie).

La estación Terminal de Observatorio se encuentra en una posición privilegiada, en el centro de gravedad de las citadas líneas de metro y central de autobuses, de modo que el intercambio modal del ferrocarril con el resto de modos de transporte se realiza de forma cómoda y rápida. Sin embargo, por la alta concentración de infraestructuras en Observatorio, y para evitar una congestión urbana, sería necesaria una actuación urbanística que incluyera una

Análisis Costo Beneficio del TITV

reordenación de la zona y, concretamente, un Intercambiador Multimodal que conectara las distintas estaciones de metro, autobuses y tren.

Este Intercambiador Multimodal no forma parte del anteproyecto, es decir, no está contemplado en el presupuesto, solo se ha considerado en el mismo la estación ferroviaria de Observatorio.

1.2. Horizonte de evaluación, costos y beneficios del proyecto

El análisis se hizo considerando un horizonte de evaluación de 34 años de los cuales 4 años se requieren para construcción y 30 años de operación.

El monto total del proyecto incluyendo IVA es de 38,608.86 millones de pesos de 2013. Adicional a esto, se han considerado costos por molestia durante la construcción del mismo por un total de 360.66 millones de pesos.

Los beneficios identificados que genera el proyecto a lo largo del horizonte de evaluación corresponden a:

- Liberación de recursos en Costos de Operación Vehicular (COV);
- Ahorros en Tiempo de Viaje (TV);
- Incremento en el valor de los predios en zonas adyacentes a las terminales (no cuantificados);
- Reducción de accidentes (no cuantificados); y
- Reducción de emisiones de CO₂ (no cuantificados).

1.3. Indicadores de rentabilidad del proyecto

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca-Valle de México” es socialmente rentable bajo las condiciones y supuestos analizados, pues genera beneficios superiores a los costos de inversión, mantenimiento y operación necesarios a lo largo de la vida útil del mismo.

Con base en los indicadores de rentabilidad estimados se concluye lo siguiente:

El año óptimo de operar el proyecto es el año 2018, ya que la Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) es de 13.19%, la cual es mayor a la tasa social de descuento de 12%. Por lo tanto, considerando que el proyecto requiere de 4 años para su construcción (2014-2017), el año óptimo de inversión es el año 2014.

Invirtiendo en el periodo 2014-2017, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de 7,904.14 millones de pesos del 2013 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14.45%, indicadores de rentabilidad que son socialmente favorables. Debido a esto, bajo las condiciones analizadas en el presente estudio se recomienda la realización del proyecto “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca - Valle de México”.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 1-1. Indicadores de rentabilidad social

Indicadores	
Valor Presente Neto (VPN mdp)	7,904.14
Tasa Interna de Retorno (TIR %)	14.45%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI %)	13.19%

Fuente: SENER.

2. Situación actual del proyecto de inversión

2.1. Diagnóstico de la situación actual

Uno de los factores para el desarrollo económico de las entidades federativas son sus comunicaciones y el transporte. Tanto en el Estado de México como en el Distrito Federal, la población de las Zonas Metropolitanas ha crecido de manera importante los últimos años. Debido a esto, el número de traslados en esas zonas se han incrementado sin que el sistema de transporte público y la infraestructura se adapte a la par de su crecimiento.

El concepto de Zona Metropolitana fue desarrollado en Estados Unidos a partir de 1920 y en México este proceso inició en la década de los cuarenta y, hasta ahora se ha mostrado como el elemento de mayor jerarquía en el sistema urbano, siendo el espacio físico donde se genera la mayor parte del Producto Interno Bruto del país (SEDESOL et al., 2005). La metrópoli es la concentración urbana más importante de un territorio y se caracteriza por la diversidad y el elevado número de empleos que ofrece, por su protagonismo como núcleo donde se localiza el poder político, y lugar de abastecimiento para un conjunto de bienes o servicios de consumo menos frecuente (Zoido en Aguilar, 2004). Se define como zona metropolitana al conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos predominantemente urbanos, con los que mantienen un alto grado de integración socioeconómica; en esta definición, se incluyen además a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y las políticas urbanas (SEDESOL et al., 2005; p. 21).

El área que se estudia en el presente análisis, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), cuenta con una población de 2,172,035 habitantes distribuidos en 22 municipios que la conforman, siendo los municipios con mayor población: Toluca con 819,561 habitantes (37.73%), Metepec 214,162 (9.86%), San Miguel Zinacantepec 167,759 (7.72%), Villa de Almoloya de Juárez 147,653 (6.80%), Lerma de Villada 134,799 (6.21%) y Temoaya 90,010 (4.14%). Por su parte, el Distrito Federal cuenta con una población de 8,851,080 habitantes siendo las delegaciones más pobladas Iztapalapa con 1,815,786 habitantes (20.51%), Gustavo A. Madero con 1,185,772 (13.40%) y Álvaro Obregón 727,034 (8.21%). Cabe de destacar que una de las zonas de interés más importantes del presente estudio corresponde al área de Santa Fe y Observatorio, las cuales se sitúan en las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón.

A pesar de que se han realizado obras para mejorar el transporte público, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) carece de un sistema adecuado de transporte público que mejore las condiciones de comunicación con la Ciudad de México (Zona de Santa Fe y Observatorio). Las condiciones actuales del transporte público urbano, suburbano y foráneo en esta zona metropolitana, presenta elevados tiempos de viaje, altos costos de operación vehicular y bajas condiciones de seguridad y confort.

Las áreas de mayor relevancia identificadas en la problemática de transporte son; la Zona de Toluca, la Zona Interurbana y la Zona Urbana de la Ciudad de México (Santa Fe - Observatorio). En menor grado resultó el Aeropuerto de la Ciudad de Toluca y la vinculación con Naucalpan.

La problemática se puede sintetizar en que cada día cientos de miles de personas realizan traslados entre Toluca y la Ciudad de México, pero la congestión tanto en la salida de Toluca como en la zona de Santa Fe y Observatorio en la Ciudad de México, provocan que un recorrido de aproximadamente 60 kilómetros (km) no se realice en condiciones competitivas ni en costo ni en tiempo. Actualmente, en Horas de Máxima Demanda (HMD), un viaje que inicia en el

Análisis Costo Beneficio del TITV

Municipio de Zinacantepec al poniente de Toluca y que tiene como destino final el Anillo Periférico en la Ciudad de México entrando por Av. de los Constituyentes, se realiza en no menos de 130 minutos.

Zona Urbana de Toluca

Analizando la Zona Urbana de Toluca, se puede mencionar que el despliegue de actividades industriales en la Ciudad de Toluca condujo a una estructura vial orientada a darles servicio a esta, formando ejes y arcos regionales desintegrados. Adicionalmente, el incremento de población con mayor poder adquisitivo llevó al aumento del número de automóviles, el incremento de la población con menor poder adquisitivo provocó aumento de la demanda e incremento del número de vehículos de transporte público, mientras que el crecimiento de la actividad productiva aumentó la presencia de tracto camiones en la zona. En Toluca, la operación de la Vialidad Paseo Tollocan, ubicada al oriente de la ciudad resulta de gran relevancia ya que absorbe los flujos de todo tipo de transporte y juega un papel importante en la dirección del crecimiento urbano regional. Sin embargo, esta vialidad presenta condiciones de ineficiencia como consecuencia de la multifuncionalidad que desarrolla, derivada de los problemas de estructura vial de la ciudad, actualmente su nivel de servicio en hora pico es “E” situación que representa altas demoras y velocidades bajas en algunos tramos.

Además de la multifuncionalidad de Paseo Tollocan, el incremento en los aforos en ambos sentidos del eje vial y la presencia de puntos conflictivos documentados y observados en los estudios de nivel de servicio y movimientos direccionales presentado por la UAEM1 en 2010, derivan en un tránsito con desplazamientos lentos, niveles de servicio deficientes y alta congestión en ciertos horarios. Situación que acarrea consecuencias negativas al desarrollo urbano, la economía urbana y al ambiente.

Zona Urbana de Santa Fe y Observatorio

Por las condiciones de crecimiento del polígono denominado Santa Fe y Observatorio, la estructura vial se ha transformado continuamente desde que se comenzó a consolidar la zona comercial y de negocios en 1989. La problemática vial en esta zona es diversa, se puede mencionar principalmente que la infraestructura vial es insuficiente y que se encuentra saturada por el alto nivel del aforo vehicular; cruceros conflictivos y falta de alternativas viales que generan nodos muy conflictivos y elevados tiempos de recorrido. De estos, destacan dos nodos principalmente: uno localizado en el túnel que cruza la autopista México-Toluca con la Av. Paseo de los Tamarindos y otro identificado en la autopista México-Toluca y la Av. Carlos Lazo.

En promedio, los trabajadores de estas zonas ocupan alrededor de dos horas diarias para ir y venir del trabajo. Esto equivale a una semana laboral perdida cada mes en el tráfico. Adicionalmente, no existen alternativas a la movilidad urbana no motorizada dentro de la zona, como pudieran ser ciclovías o senderos peatonales seguros.

Aspectos Interurbanos

Cada día cientos de miles de personas realizan viajes interurbanos entre la Ciudad de Toluca y la Ciudad de México, casi la totalidad de los viajes se realizan en transporte público y automóvil. Se registra en promedio diario más de 105 mil automóviles particulares en la Carretera México-Toluca, con una ocupación promedio de 1.8 personas por vehículo. Las condiciones que encuentran los viajeros interurbanos en general son competitivas, sin embargo, a las entradas de ambas ciudades, se enfrentan con problemas de congestión, fundamentalmente en horas pico. Incluso en las casetas de cobro en horas pico y en fines de semana, se forman grandes filas que alcanzan en ocasiones kilómetros de longitud.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Como puede apreciarse, hay una retroalimentación entre las problemáticas de cada tramo del corredor que une a Toluca con la Ciudad de México. La zona poniente de la ciudad constituye un cuello de botella que impide a los viajeros interurbanos realizar sus viajes en tiempos adecuados. A su vez, la carga vehicular de dichos viajes incrementa la congestión vial en las entradas de ambas ciudades. El resultado final es que la atracción de viajes a la Ciudad de México provenientes de Toluca, choca con el flujo vehicular que intenta llegar a Santa Fe y Observatorio por la mañana, y por la tarde, esos mismos viajeros se topan entre sí tratando de realizar el recorrido contrario. Esta interacción resulta en elevados Costos Generalizados de Viaje (CGV), afectaciones al medio ambiente y menor calidad de vida, confort y seguridad para las personas que circulan en la zona analizada.

El presente análisis se basa en la problemática del transporte en la zona de estudio y, analiza cómo se modificaría (oferta, demanda e interacción) la misma en caso de llevar a cabo el proyecto. Cabe destacar que el proyecto denominado “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca-Valle de México” se encuentra alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2017 en su Objetivo 4.9 Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica, Estrategia 4.9.1. Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia. Las siguientes tablas muestran la población total de la ZMVT y el Distrito Federal.

Tabla 2-1. Población de la ZMVT

Municipios	Cabecera municipal	Población	%
Toluca	Toluca de Lerdo	819,561	37.73%
Metepec	Metepec	214,162	9.86%
Zinacantepec	San Miguel Zinacantepec	167,759	7.72%
Almoloya de Juárez	Villa de Almoloya de Juárez	147,653	6.80%
Lerma	Lerma de Villada	134,799	6.21%
Temoaya	Temoaya	90,010	4.14%
Otzolotepec	Villa Cuauhtémoc	78,146	3.60%
Tenango del Valle	Tenango de Arista	77,965	3.59%
San Mateo Atenco	San Mateo Atenco	72,579	3.34%
Tianguistenco	Santiago Tianguistenco de Galeana	70,682	3.25%
Ocoyoacac	Ocoyoacac	61,805	2.85%
Calimaya	Calimaya de Díaz González	47,033	2.17%
Xonacatlán	Xonacatlán	46,331	2.13%
Capulhuac	Capulhuac de Mirafuentes	34,101	1.57%
Xalatlaco	Xalatlaco	26,865	1.24%
San Antonio la Isla	San Antonio la Isla	22,152	1.02%
Rayón	Santa María Rayón	12,748	0.59%
Mexicaltzingo	San Mateo Mexicaltzingo	11,712	0.54%
Almoloya del Río	Almoloya del Río	10,886	0.50%
Atizapán	Santa Cruz Atizapán	10,299	0.47%
Chapultepec	Chapultepec	9,676	0.45%
Texcalyacac	San Mateo Texcalyacac	5,111	0.24%
Total		2,172,035	100.00%

Fuente: INEGI.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Por su parte, el Distrito Federal cuenta con una población de 8,851,080 habitantes siendo las delegaciones más pobladas Iztapalapa con 1,815,786 habitantes (20.51%), Gustavo A. Madero con 1,185,772 (13.40%) y Álvaro Obregón 727,034 (8.21%). Cabe de destacar que una de las zonas de interés del presente estudio corresponden al área conocida como Santa Fe y Observatorio, las cual se ubican dentro del territorio delegacional de Cuajimalpa y Álvaro Obregón.

Las Zonas Metropolitanas de Toluca (ZMVT) y del Valle de México (ZMVM) han crecido considerablemente desde 1980 hasta el presente. La expansión territorial la ZMVT se ha dado a un paso mucho más rápido que el de la ZMVM, donde la zona urbana ha crecido 26.3 veces con respecto a 1980 (pasando de 129.5 km² a 3,402.4 km²) mientras que el crecimiento territorial en el mismo periodo de la ZMVM se ubica en 3.6 veces (pasando de 5,190.8 km² a 18,529.1 km²)¹. Esta expansión territorial no concuerda con el crecimiento de la población, la cual ha limitado su crecimiento en la ZMVT en 3.25 veces y la ZMVM en 1.42 veces.

Tabla 2-2. Población del Distrito Federal

Delegación	Población	%
Iztapalapa	1,815,786	20.51%
Gustavo A. madero	1,185,772	13.40%
Álvaro Obregón	727,034	8.21%
Tlalpan	650,567	7.35%
Coyoacán	620,416	7.01%
Cuauhtémoc	531,831	6.01%
Venustiano Carranza	430,978	4.87%
Xochimilco	415,007	4.69%
Azcapotzalco	414,711	4.69%
Benito Juárez	385,439	4.35%
Iztacalco	384,326	4.34%
Miguel Hidalgo	372,889	4.21%
Tláhuac	360,265	4.07%
La Magdalena Contreras	239,086	2.70%
Cuajimalpa de Morelos	186,391	2.11%
Milpa Alta	130,582	1.48%
Total	8,851,080	100.00%

Fuente: INEGI.

Este crecimiento espacial ha sido producto de políticas de desarrollo urbano centradas en la expansión de la ciudad a partir de la incorporación de infraestructura dedicada al automóvil y dejando de un lado la formación ordenada de la ciudad. Esto se ha dado a partir del uso desordenado del suelo y la falta de atención a un servicio público de gran importancia como lo es el transporte público, que permita una identidad y permanencia y que invite a la inversión racional y sensata por la ciudad. Los múltiples desarrollos de baja densidad que se han dado especialmente en la zona

¹ SEDESOL. *La expansión de las ciudades 1980-2010*. México: SEDESOL, 2011.

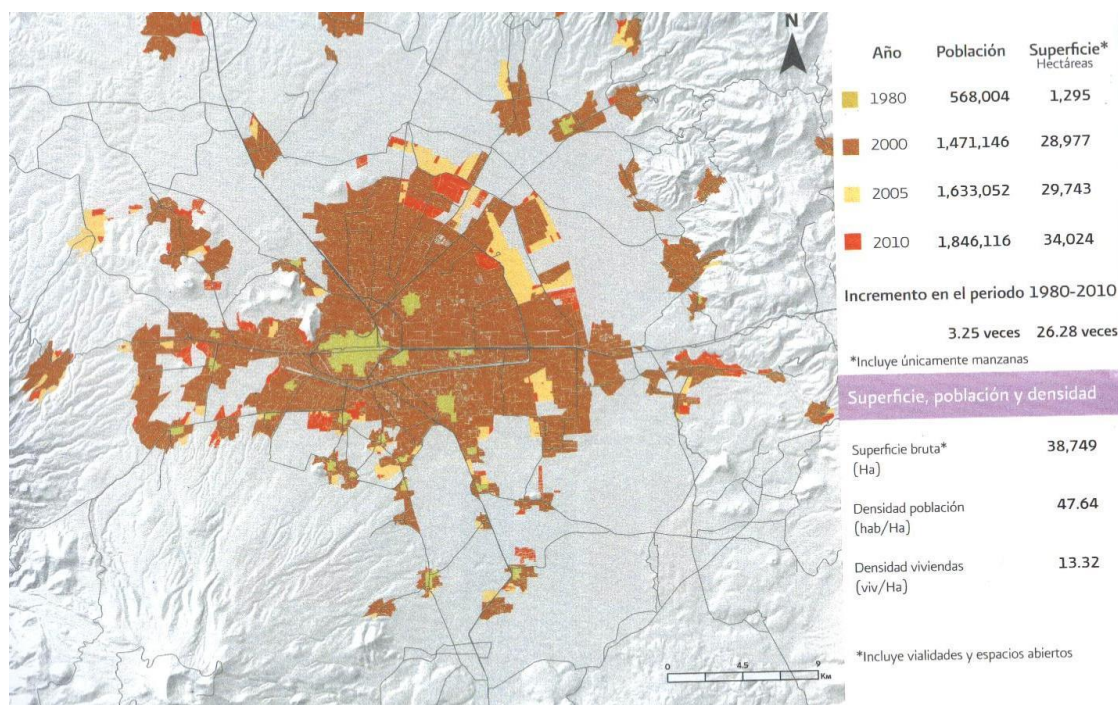
Análisis Costo Beneficio del TITV

de Toluca, inhiben el contar con sistemas de transporte rápidos, confiables y seguros que compitan con las ventajas inherentes del automóvil y, que a su vez promuevan esa infraestructura permanente que paradójicamente es buscada por los grupos inmobiliarios pero que ellos mismos no pueden ofrecer.

De manera general, se observa que el patrón de crecimiento urbano en el Valle de Toluca ha sido disperso y baja densidad, ubicándose en promedio en los 47.6 hab/ha para 2010. Por su parte, en la ZMVM el patrón ha sido mixto dado el desarrollo de zonas de alta densidad tales como Santa Fe o Interlomas, las cuales se han desarrollado como centros nodales con conjuntos habitacionales, comerciales y de oficinas de gran magnitud e importancia, sin contar con las previsiones necesarias para ofrecer la capacidad de transporte requerida.

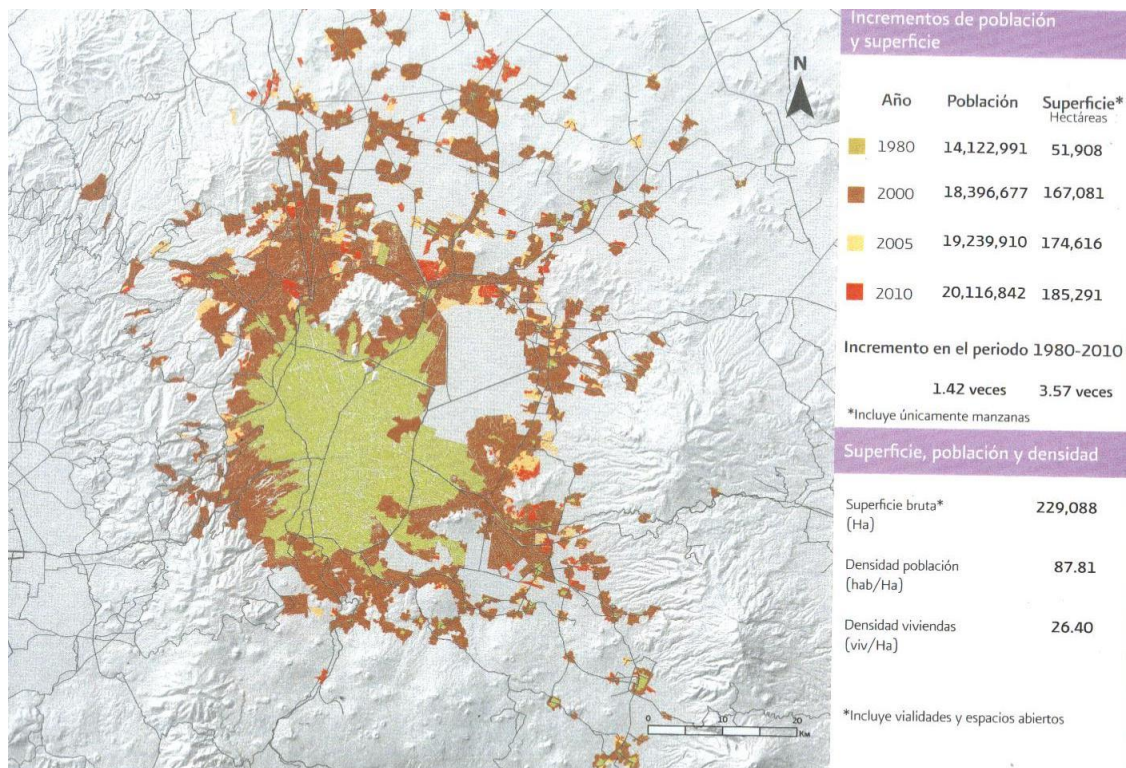
Estas dos circunstancias permiten dibujar la necesidad de contar con un sistema de transporte público que por una parte pueda cubrir los requerimientos de transporte a una zona altamente densificada y, a su vez ser motor y eje de desarrollo urbano en la zona de Toluca. Es aquí donde se encuentra el reto del desarrollo de un proyecto que comunique estas dos urbes de manera eficiente y rápida.

Figura 2-1. Expansión urbana de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Fuente: Sedesol 2011.

Figura 2-2. Expansión urbana de la Zona Metropolitana del Valle de México



Fuente: Sedesol 2011.

Esta identificación de importancia relativa de las zonas que constituyen el área bajo estudio, permite generar un mapa de prioridades hacia dónde dirigir las inversiones. Así, en el Distrito Federal queda claro que la zona de Santa Fe y los accesos del poniente a la ciudad merecen ser atendidos. A su vez, la Zona Metropolitana de Toluca requiere dar atención a su centro urbano así como a las áreas de nuevo y futuro desarrollo que se presentan en el sur, norte y poniente de la ciudad.

La perspectiva de la situación identificada se venía vislumbrando desde 1984, cuando la Comisión de Transporte del Estado de México en conjunto con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes federal y la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal analizaron esta situación. En este estudio, realizado por la empresa francesa SOGELERG, se determinó la urgencia de dotar a ambas ciudades de un transporte regional a base de un tren eléctrico, cuya infraestructura permitiera un desarrollo urbano congruente y armónico de los extremos de estas ciudades y se lograra movilizar para final de su vida útil (en 2013) a poco más de 302 mil viajes persona día. Diversas circunstancias impidieron que el proyecto se materializara, dándose el énfasis al impulso de una autopista entre ambas entidades y al fomento del transporte foráneo en dicho corredor. Hoy en día los pocos accesos en ambas ciudades están colapsados, existe poca posibilidad de ampliar la capacidad de las vías existentes y un problema medioambiental cada vez más preocupante en la forma de emisiones contaminantes, ruidos, vibraciones y daño al entorno natural.

Análisis Costo Beneficio del TITV

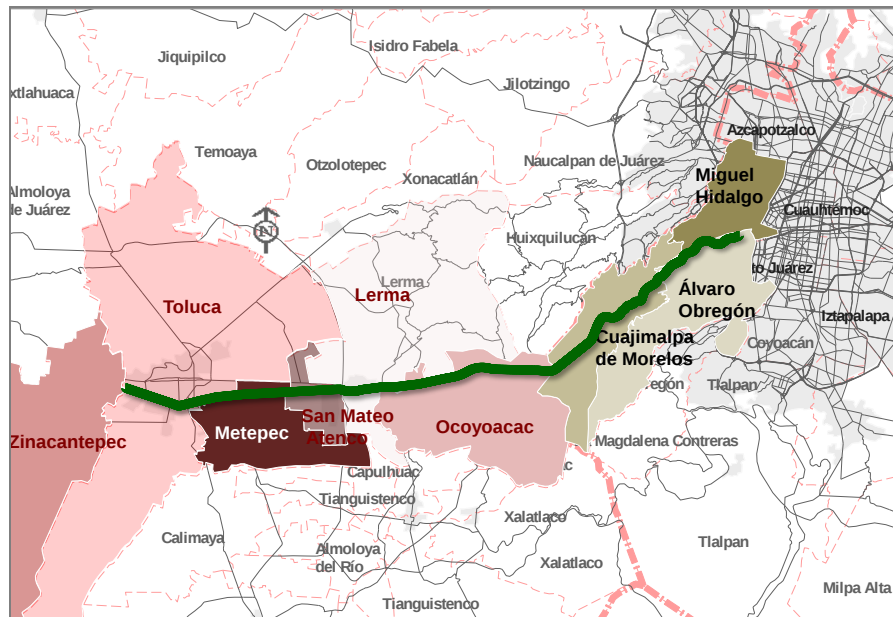
El área analizada en el presente estudio se muestra en las siguientes figuras.

Figura 2-3. Área analizada en el presente estudio



Fuente: SENER.

Figura 2-4. Área analizada en el Estado de México y el Distrito Federal



Fuente: SENER.

2.2. Análisis de la oferta existente

Planteada la situación actual, así como la problemática que da origen al proyecto, se presenta un panorama de la oferta en la situación actual, la cual está constituida por el transporte público y las vías por donde éste circula. Para esto se analiza la ZMVT y el Distrito Federal para definir las rutas y vialidades que conforman la oferta en la situación actual. Para ello se recopiló la información del estudio de demanda realizado para el proyecto.

2.2.1. Principales vialidades del corredor

El corredor Toluca - México cruza por los municipios de Toluca, San Mateo Atenco, Lerma, Ocoyoacac, Huixquilucan y finalmente las delegaciones Cuajimalpa, Miguel Hidalgo y Álvaro Obregón en el Distrito Federal. Esto, conjuntamente con las áreas de temáticas definidas en el presente estudio, ha orientado a resumir el análisis de la oferta por áreas geográficas, considerando primeramente el área correspondiente al Valle de México y posteriormente el Valle de Toluca. Debe señalarse que las relaciones interurbanas se tratan dentro de cada apartado, con el fin de ser un tanto más específico en el estudio.

El corredor que enlaza la ZMVM con la ZMVT está conformado por las siguientes vialidades, mismas que se encadenan para formar trazos viales que permiten movimientos regionales. Estas vialidades son:

- Av. Constituyentes
- Av. Observatorio
- Av. Acueducto de Las Torres
- Paseo de la Reforma
- Prolongación Av. de la Reforma
- Carretera Federal México – Toluca
- Autopista Santa Fe – La Marquesa
- Camino Real a Toluca
- Av. Primero de Mayo
- Av. Gustavo Baz
- Carretera Naucalpan – Toluca
- Paseo Toluca
- Av. Las Torres
- Av. Tecnológico
- Paseo Colón

Análisis Costo Beneficio del TITV

2.2.2. Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de México

En el análisis de la ZMVM se han considerado tres delegaciones que tienen una injerencia directa sobre el corredor Toluca - México y son: la delegación Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Miguel Hidalgo. A continuación se describen brevemente las condiciones que guarda la infraestructura dedicada al transporte, así como el sistema de transporte existente.

Figura 2-5. Infraestructura vial y sistema de transporte público en las delegaciones de influencia del corredor

Delegación	Infraestructura vial	Sistema de transporte
Álvaro Obregón	San Antonio, Camino Real a Santa Fe, Vasco de Quiroga, Santa Lucía, Av. Constituyentes, Av. Observatorio, Av. Centenario, Calzada Las Águilas, Av. Toluca y Camino Real al Desierto de los Leones	STCMetro (Línea 1, 3 y 7) con 2 estaciones de paso y una terminal , 3 CETRAM, Observatorio, Barranca del Muerto y San Angel, Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal (RTP), Sistema de Transporte Eléctrico (Trolebús), rutas de microbuses y autobuses. Sitios de Taxi
Cuajimalpa	Carretera Federal México - Toluca, Autopista Constituyentes – La Venta – La Marquesa (Autopista de cuota a Toluca) y Autopista Chamapa - La Venta.	25 Rutas constituidas por transporte concesionado, 12 Rutas por la Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal (RTP) y 5 líneas de autobuses que viajan por la Carretera Federal a Toluca
Miguel Hidalgo	Vías de acceso controlado: Av. Río San Joaquín, Anillo Periférico y Viaducto Miguel Alemán. Vialidades Primarias: Av. Revolución, Av. Patriotismo, Calzada México-Tacuba, Calzada Legaría, Av. Marina Nacional, Calzada Mariano Escobedo, Av. Ejército Nacional, Paseo de la Reforma, Av. Constituyentes (Eje 1 Sur), Av. Observatorio (Eje 4 Sur), Av. Parque Lira, Vicente Eguía (Eje 3 Sur), Thiers (Eje 3 Pte.). Vías Secundarias: Miguel de Cervantes Saavedra, Lago Alberto, Newton, Homero, Horacio, Felipe Carrillo Puerto, Lago Catemaco, Gran Lago del Oso, Lago Garda-Laguna del Carmen	STCMetro (Lineas1, 2, 7 y 9) con 16 estaciones de paso dentro de su territorio, 4 CETRAM, Tacuba, Tacubaya, Chapultepec y Cuatro Caminos. Transporte público de superficie mediante autobuses urbanos y trolebuses con similar nivel de eficiencia; taxis colectivos, taxis libres y de sitio

Fuente: ILF- Ustran.

Delegación Álvaro Obregón

La topografía en la zona poniente dificulta la falta de integración vial; las vialidades han resultado muy limitadas, constituyendo flujos vehiculares cuya única integración a la ciudad se logra a través del Periférico y de su segundo piso, con los consecuentes conflictos en sus cruces entre los que sobresalen Molinos (continuación de Río Mixcoac), Av. León Felipe, Eje Vial 10 Sur al poniente, Av. Luis Cabrera y Av. de las Fuentes. En el sentido oriente-poniente se cuenta

Análisis Costo Beneficio del TITV

con las siguientes vialidades: San Antonio, Camino Real a Santa Fe, Vasco de Quiroga, Santa Lucía, Av. Constituyentes, Av. Observatorio, Av. Centenario, Calzada Las Águilas, Av. Toluca y Camino Real al Desierto de los Leones.

El transporte público comprende el Sistema Colectivo Metro (SCM) así como la Red de Transporte Público y el Sistema de Transporte Eléctrico. Las líneas que operan dentro de su territorio se complementan con las rutas de servicio privado de taxis y microbuses. La topografía misma ha limitado la extensión de estos sistemas al poniente de la ciudad. Con respecto al transporte público circulan autobuses y microbuses resultando una difícil circulación de este tipo de transporte en colonias y barrios de la zona poniente, dada su operación en zonas con topografía difícil que inducen a bajas velocidades en la operación del servicio.

En esta delegación se ubican tres zonas de transferencia modal; Observatorio, Barranca del Muerto y San Ángel.

La zona de transferencia modal "Observatorio" se ubica en la intersección que forman las Av. Escuadrón 201 y Río Tacubaya, en ella confluyen las líneas 9 y 1 del Sistema Colectivo Metro, el paradero de autotransporte urbano de pasajeros, la Terminal de Autobuses Foráneos Poniente y el paradero de microbuses, combis y taxis, que aunado a los vendedores ambulantes provoca un gran problema vial en la zona, por lo que se hace necesario un estudio para diseñar el reordenamiento urbano en la zona.

Por su parte, la zona de transferencia modal "Barranca del Muerto" se ubica en la calle de Cóndor y Revolución, en ella confluyen la línea 7 del Sistema Colectivo Metro, el paradero de autotransporte urbano y el paradero de microbuses y taxis, situación que genera conflictos viales sobre Av. Revolución por la invasión de carriles centrales, esta situación también ha generado comercio ambulante en la zona. La reciente inauguración de la Línea 12 del metro asegura una mejora hacia el oriente de la mancha urbana, quedando desprotegidos los movimientos hacia el poniente de este paradero.

Por último, la zona de transferencia "San Ángel" se ubica Dr. Gálvez y Revolución, concentra un paradero de autobuses y se ubica muy cerca de la estación de paso Dr. Gálvez, de la Línea 1 del Metrobús. En esta zona también existe invasión a las calles del centro de San Ángel, situación que ocasiona fuertes congestionamientos viales.

De manera importante a los sistemas de transporte, se debe considerar la Terminal de Autobuses Poniente ya que es un punto importante de conexión regional entre Toluca y el Valle de México.

Si bien no forma parte del Distrito Federal, se debe considerar el municipio conurbado de Huixquilucan, el cual está comunicado a través de la carretera Río Hondo-Huixquilucan, misma que atraviesa el territorio de esta entidad y la comunica con los municipios de Naucalpan al este y Ocoyoacac al suroeste, integrando en su recorrido las localidades de El Pedregal, San Bartolomé Coatepec, La Nopalera, San Cristóbal Texcalucan, El Obraje, San Francisco Dos Ríos, Ignacio Allende y la Cabecera Municipal. La infraestructura vial que sobresale en esta entidad se muestra a continuación.

Análisis Costo Beneficio del TITV

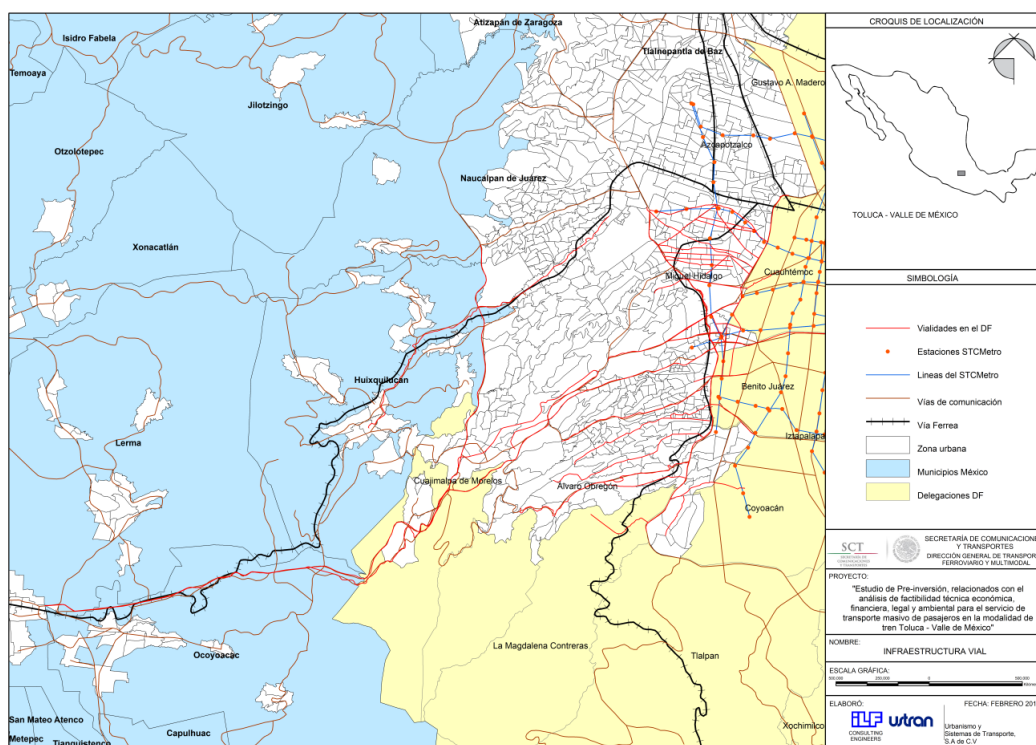
Figura 2-6. Infraestructura vial y sistema de transporte en Huixquilucan Estado de México

Municipio	Infraestructura vial	Sistema de transporte
Huixquilucan	Autopista Chamapa - La Venta, Carretera Federal México-Huixquilucan, conocida como Río Hondo-Huixquilucan.	Esta conformado por 16 rutas de transporte con 100 paradas autorizadas, que cubren la región a través de autobuses, microbuses y combis, de las cuales 14 tienen su origen y destino en la estación del metro Cuatro Caminos, Observatorio y Tacubaya en el Distrito Federal y 2 tienen su origen y destino en las localidades internas del Municipio. Asimismo, en el Municipio existen 9 sitios de taxis con 35 bases en operación.

Fuente: ILF- Ustran.

Por su parte, las principales vialidades que conectan las tres delegaciones antes descritas así como el municipio de Huixquilucan se muestran en la siguiente figura.

Figura 2-7. Principales vialidades de la delegación Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Miguel Hidalgo y Huixquilucan



Fuente: ILF- Ustran.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Delegación Cuajimalpa

La delegación Cuajimalpa cuenta con una red vial regional integrada por la Carretera Federal México - Toluca, la Autopista Constituyentes – La Venta – La Marquesa (Autopista de cuota a Toluca) y la Autopista Chamapa - La Venta. Estas vías permiten la comunicación con Toluca, Naucalpan, Tlalnepantla, Interlomas, Satélite, Valle Escondido, Chiluca y Atizapán entre otros puntos.

La Autopista de cuota Chamapa – La Venta forma parte del anillo exterior que une la zona poniente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); y que originalmente se proyectó para mover cantidades importantes de transporte pesado evitando el paso de vehículos de carga por la ciudad, así como acortar distancias de recorrido del transporte de pasajeros.

La carretera federal México-Toluca, a pesar de ser una vía regional, tiene un flujo vehicular mixto, ya que incluye vehículos de transporte de carga, vehículos de transporte público federal de pasajeros y vehículos de transporte privado sirviendo como vialidad primaria de distribución para la delegación, y como vialidad de conexión con los municipios conurbados del Estado de México y con el resto del Distrito Federal.

El sistema de transporte dentro del territorio delegacional está compuesto por 42 rutas de transporte, de las cuales 25 están constituidas por transporte concesionado, 12 por la Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal (RTP) y 5 por autobuses que viajan por la Carretera Federal a Toluca o bien, por la autopista con destino principalmente al Estado de México. Las rutas de la RTP comunican a la delegación Cuajimalpa con el Sistema de Transporte Colectivo Metro en las estaciones de Tacubaya, Hidalgo, Zapata, Barranca del Muerto, Chapultepec y Juanacatlán. Sólo 2 rutas de este transporte transitan al interior de la demarcación, lo que significa que los habitantes de Cuajimalpa se comunican de manera interna básicamente mediante 15 rutas de microbuses. La comunicación con el Estado de México se proporciona a través de líneas que salen de las estaciones del metro Tacubaya, Juanacatlán y Observatorio y que se dirigen hacia Huixquilucan, Atlapulco y La Marquesa, circulando por las vialidades de la delegación antes mencionada.

Las zonas de ascenso y descenso de pasaje, actualmente localizadas en la zona centro de Cuajimalpa, El Yaqui y el puente CONAFRUT, carecen de áreas suficientes y provocan congestionamientos viales al hacer todo el movimiento sobre las vialidades principales. Las rutas de transporte que cruzan o llegan al centro de Cuajimalpa no cuentan con paradas fijas ni zonas destinadas para terminales, por lo que se invade la vía pública, generando problemas viales. El transporte público en su mayoría circula sobre la red vial primaria y secundaria, aunque el principal flujo se da sobre la Carretera Federal México-Toluca.

En algunas colonias de la delegación existe un déficit del servicio de transporte público, las colonias donde se presenta esta condición son colonias de reciente creación ubicadas en las periferias.

En cuanto al equipamiento para el transporte, la delegación Cuajimalpa carece de Centros de Transferencia Modal (CETRAM), los cuales tienen como función ofrecer al usuario la facilidad para hacer un cambio de modo de transporte.

Delegación Miguel Hidalgo

La estructura vial de la delegación Miguel Hidalgo se conforma por vías de acceso controlado: Av. Río San Joaquín y Anillo Periférico que pese a las obras del segundo piso ha rebasado su capacidad, necesitando alternativas para el desplazamiento norte-sur y Viaducto Miguel Alemán. Las vialidades primarias son Av. Revolución, Av. Patriotismo,

Análisis Costo Beneficio del TITV

Calzada México-Tacuba, Calzada Legaría, Av. Marina Nacional, Calzada Mariano Escobedo, Av. Ejército Nacional, Paseo de la Reforma, Av. Constituyentes (Eje 1 Sur), Av. Observatorio (Eje 4 Sur), Av. Parque Lira, Vicente Eguía (Eje 3 Sur) y Thiers (Eje 3 Pte.). Las vías secundarias son Miguel de Cervantes Saavedra, Lago Alberto, Newton, Homero, Horacio, Felipe Carrillo Puerto, Lago Catemaco, Gran Lago del Oso, Lago Garda-Laguna del Carmen.

La delegación cuenta con tres líneas de transporte colectivo metro, 1,7 y 9 las cuales le ofrecen 16 estaciones de paso dentro de su territorio, cuatro de las cuales, Tacuba, Tacubaya, Chapultepec y Cuatro Caminos, constituyen áreas de transferencia metropolitanas hacia el norte y poniente (Toluca), que constituyen los nodos de intercambio de medios más importantes de la ciudad central derivados de su ubicación respecto a la vialidad primaria, lo que ha generado en torno a ellas altas concentraciones de vehículos de transporte público y comercio ambulante sin áreas para resolver en forma satisfactoria estas funciones, lo que ocasiona conflictos viales, peligro para el peatón e inseguridad. En el resto de las estaciones también presenta comercio ambulante que invade las aceras, generando conflictos viales y peatonales. Esta estructura vial y de transporte le da a la delegación una importante comunicación con el resto del Distrito Federal y el Estado de México, situación que ha convertido a esta área como una zona de paso.

El transporte urbano de servicio público ha tenido un rezago en la inversión para modernizar su equipo y construcción de obras de infraestructura vial, las líneas que cruzan la delegación en el sentido oriente-poniente corren a lo largo de las Avenidas México-Tacuba y Marina Nacional para comunicar la parte central de la ciudad con el Estado de México. En las Avenidas Río San Joaquín y Ejército Nacional existe transporte que comunica desde el Circuito Interior hasta el Toreo de Cuatro Caminos mientras que el Paseo de la Reforma comunica el área central con la salida a la carretera a Toluca. A su vez, las Avenidas Constituyentes y Observatorio cuentan con medios de transporte local y federal que cruzan el ámbito territorial para comunicar desde Chapultepec y Tacubaya con los límites de la delegación Cuajimalpa e incorporarse a la Av. Prolongación Paseo de la Reforma y la autopista a Toluca. En el sentido norte-sur son dos las rutas de transporte que comunican: por Periférico desde el Toreo de Cuatro Caminos hasta el entronque de esta vialidad con el Viaducto Miguel Alemán y la Av. Revolución; la comunicación desde la Av. Ferrocarriles Nacionales en los límites con la delegación Azcapotzalco a lo largo del Circuito Interior y hasta incorporarse con las Avenidas José Vasconcelos y Av. Jalisco con el centro urbano de Tacubaya.

Los principales medios de transporte y movilidad, de acuerdo al número de viajes-persona-día en día laborable se incrementó notablemente, por lo que se considera un índice de movilidad de 1.35 a 2.81 viaje/habitante, lo cual es indicador y ejemplo del grado de funcionamiento de la oferta que existe por el nivel de ingresos en la zona. En la actualidad se cuenta con servicios en el ámbito delegacional en el sistema de transporte público de superficie mediante autobuses urbanos y trolebuses con similar nivel de eficiencia; taxis colectivos, taxis libres y de sitio; y el transporte privado que ha recuperado su participación relativa en la última década. Por otra parte es necesario mencionar que en la zona de Santa Fe se estima contar con un promedio de 78,000 empleos fijos, 40mil eventuales, 15mil estudiantes y 100mil visitantes diariamente y que en conjunto presenta una población flotante estimada en 233mil habitantes y una población permanente de 34,000 habitantes, todos ellos inmersos en una zona de baja accesibilidad, con un transporte público deficiente e insuficiente y cierta carencia no cuantificada de espacios de estacionamiento para visitantes.

2.2.3. Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

El sistema carretero regional del Municipio de Toluca permite la comunicación con la región centro del país, la longitud de la red carretera es de 215.6 km, de los cuales 186.5 km son pavimentados y el resto revestidos; la mayoría de ellas son estatales; a estos kilómetros habrá que sumar 209.4 km correspondientes a las vialidades locales.

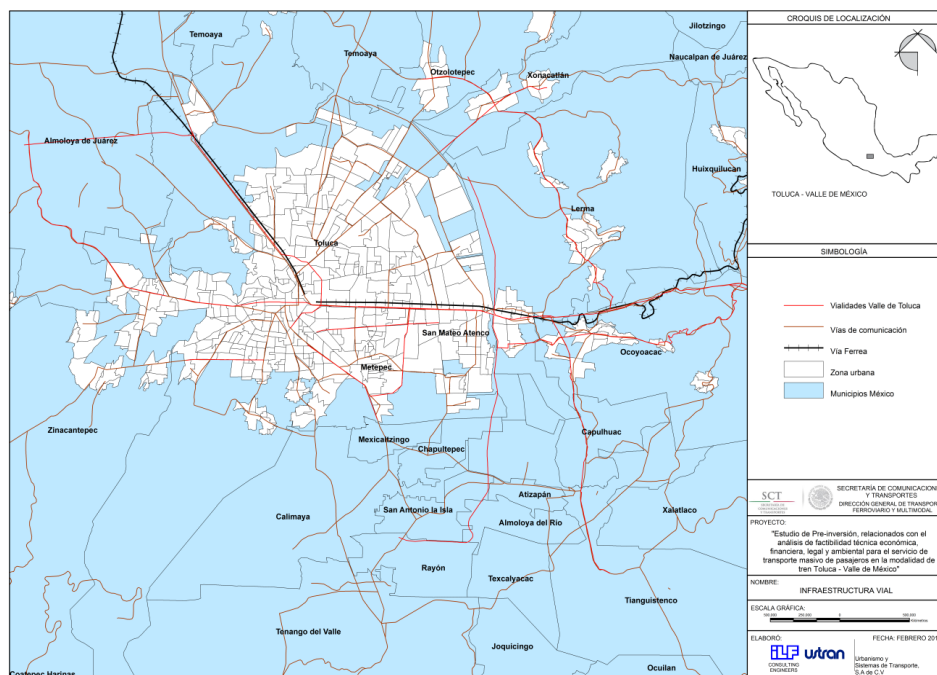
Análisis Costo Beneficio del TITV

El municipio de Toluca presenta zonas que carecen de una estructura vial que integre a la cabecera municipal con el resto de su territorio, por otra parte el centro urbano se caracteriza por tener altos niveles de tránsito vehicular, debido a que la gran mayoría de las rutas de transporte ingresan a la zona centro y la zona de la Terminal de Autobuses, lo que ocasiona puntos de conflicto vial en calles y avenidas aledañas entre las que se encuentran Isidro Favela, López Portillo, Alfredo del Mazo, Paseo Toluca, Miguel Hidalgo y José Ma. Pino Suárez.

A fin de mitigar este problema vial y de contaminación se hace necesaria la implementación de un sistema de Tren Interurbano que corra entre Toluca y el Distrito federal.

El sistema vial y de transporte público en Toluca se integra y conecta con los municipios de Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlan; la siguiente figura muestra las principales vialidades que sirven de conexión entre estas entidades del Estado de México.

Figura 2-8. Principales vialidades de Toluca, Lerma, Metepec, Ocoyoacac y Xonacatlan



Fuente: ILF - Ustran.

El sistema de transporte urbano y suburbano en la ZMVT se caracteriza por tener más de una ruta operando sobre una vialidad lo que provoca altos niveles de sobrepeso, competencia por el pasaje a la hora de máxima demanda y una operación inadecuada que genera en el usuario una mala imagen del servicio.

En la siguiente imagen se muestra de manera particular el comportamiento del transporte público que opera dentro de los municipios considerados en la ZMVT para este estudio.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-9. Infraestructura vial y sistema de transporte en Toluca, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán, Estado de México

Municipio	Infraestructura vial	Sistema de transporte
Toluca	Carretera Toluca- México libre y la autopista de cuota, Carretera Toluca- Atlacomulco, Calzada al Pacífico y Toluca- Zitácuaro (Libre y Autopista)	135 Rutas en toda la ZMVT, servicio proporcionado por autobuses, el horario de servicio impuesto por la autoridad no es respetado, hay 29 agrupaciones de transporte urbano. En cuanto a la ubicación de las paradas la mayoría son del tipo discrecional lo que repercute en el tiempo de recorrido y en el costo de operación. Los intervalos de servicio van de 4 hasta 60 minutos, por su parte las rutas mas productivas se acercan a una carga promedio de 35 a 45 pasajeros por autobús por corrida lo que se traduce en 1,600,000 viajes/persona/día. En la zona de la terminal de autobuses hay 14 sitios de taxis colectivos. Localidades como La Palma Totoltepec, Sor Juana Inés de la Cruz, Tecaxic, Palmillas, San Martín Totoltepec y Tlachaloya 1ª y 2ª sección aún no cuenta con servicio de transporte urbano y suburbano
Metepec	Carretera México- Toluca, Carretera Metepec-Tenango del Valle, Av. Tecnológico y Av. Las Torres.	En cuanto al sistema de transporte público, operan en el territorio municipal, 14 líneas de autobuses urbanos y suburbanos, y 3 de servicio foráneo. Los autobuses, y en algunos casos los taxis colectivos, constituyen las únicas opciones de transporte público en el municipio. Los tiempos de espera y/o recorrido son demasiado largos, la operación de la unidades carece de orden, el ascenso y descenso de pasaje se realiza en lugares prohibidos, paradas y paraderos no autorizados y sin la infraestructura adecuada para una operación eficiente y segura.
Lerma	Carretera México – Toluca, Carretera la Marquesa – Toluca, Carretera Cuernavaca – Tianguistenco, Carretera Ameyalco – Atarasquillo, Libramiento Nororiente de Toluca, Avenida Lerma - Cerrillo (De las partidas), Tenango-Lerma y Carretera Atarasquillo-	El servicio de transporte en el municipio se encuentra concesionado a rutas de autobuses que comparte con la ZMVT, en lo que respecta al servicio de taxis y radio taxis, se cuenta con más de 100 unidades autorizadas.
Ocoyoacac	Carretera Federal México-Toluca, Carretera La Marquesa-Tenango, Carretera del Acueducto y La Carretera Amomolulco-Ocoyoacac-Capulhuac-Santiago Tianguistenco, San Pedro Cholula-Ocoyoacac-San Jerónimo Acazulco	Sistema de transporte público que es dividido suburbano y urbano. Las rutas de autobuses pasan por la Cabecera Municipal, Ameyalco y la Zona Industrial llegando a los poblados de Amomolulco, El Cerrillo, Tultepec, Zinacantepec, San Mateo Atarasquillo, Xochicuautla y Santa María Tlalimilolpan. También salen de esta zona autobuses foráneos con destino a la Terminal de Autobuses Poniente, El Yaqui, La Marquesa, Santa María Jajalpa y Chalma.
Xonacatlán	Carretera Toluca-Naucalpan y Villa Cuauhtémoc (Av. Del Canal) integrando el municipio de Otzolotepec y Lerma.	El transporte es cubierto por líneas de autobuses foráneos que cubren la demanda actual adecuadamente, su origen y destino de la línea de transporte es de Toluca a Naucalpan, existe otra línea de autobuses foráneos, cuyo origen y destino es de Xonacatlán a Naucalpan. Ambas líneas de autobuses, causan problemas de estancamiento vehicular, provocando contaminación atmosférica e incrementos en los tiempos de recorrido. El servicio de transporte urbano en la región se da a través de rutas pertenecientes a los municipios de Otzolotepec y Lerma.

Fuente: ILF- Ustran.

Municipio de Toluca de Lerdo

El sistema carretero regional del municipio de Toluca permite la comunicación con la región centro del país a través de sus principales ejes como son: Carretera Toluca - México libre y la autopista de cuota, al norte a través de la carretera Toluca - Atlacomulco, al sur por la Calzada al Pacífico y al oeste con la carretera Toluca - Zitácuaro. La longitud de la

Análisis Costo Beneficio del TITV

red carretera es de 215.6 km, de los cuales 186.5 km son pavimentados y el resto revestidos; la mayoría de ellas son estatales; a dicha longitud se suman 209.4 km correspondientes a las vialidades locales. El municipio de Toluca presenta zonas que carecen de elementos de una estructura vial que integre a la cabecera municipal con el resto de su territorio, adicionalmente en los centros urbanos que se caracterizan por tener demasiado tránsito vehicular, porque la casi totalidad de las rutas de transporte ingresan a la zona centro y la zona de la terminal, lo que ocasiona puntos de conflicto vial.

El sistema de transporte en la Ciudad de Toluca constituye uno de los principales problemas a nivel municipal y metropolitano, ya que tiene impactos a nivel regional, además de contar en la mayoría de los casos con rutas que abarcan dos o más municipios de la región, principalmente Toluca, Metepec, Zinacantepec, Lerma y San Mateo Atenco. En la zona de la terminal de autobuses de la Ciudad de Toluca se sobreponen un total de 147 rutas de transporte, entre camiones urbanos, suburbanos y foráneos, ocasionando embotellamientos severos y tiempos de recorridos prolongados.

Dentro del Municipio de Toluca se tienen los siguientes datos de oferta:

- Existen aproximadamente 135 rutas en la zona metropolitana de Toluca.
- Los horarios de servicio autorizados son de 6:00 a 23:00 horas, los cuales no son respetados especialmente en el periodo nocturno
- Existen 29 empresas de transporte de pasajeros urbano y suburbano y 33 agrupaciones de taxis locales.
- Se presenta sobre-oferta del servicio de transporte, ya que de dos a tres empresas cuentan con el mismo trayecto, compitiendo cada una por el pasaje siendo en las calles de Villada a Rayón donde se presenta mayor duplicidad de rutas. Esto ocasiona conflictos entre los transportistas.
- La ubicación de las paradas es por lo general discrecional, quedando al operador de la unidad y al usuario su definición.
- No se respetan los intervalos de servicio presentándose casos donde los intervalos son de 4 a 8 minutos y en otros el servicio se presta cada 60 minutos.
- No existe vigilancia para el adecuado funcionamiento del servicio respecto a los derroteros, horario y estado actual de los autobuses.
- Las rutas de transporte se concentran en la zona de la terminal-Mercado Juárez saturando las vialidades de Toluca, Felipe Berriozábal, Isidro Fabela y Prolongación 5 de Mayo; y zona centro de la Ciudad de Toluca, principalmente por las calles de Morelos, Benito Juárez, Ignacio López Rayón y Sebastián Lerdo de Tejada.
- No existe coordinación entre municipios metropolitanos para lograr un adecuado reordenamiento del transporte.
- Existen zonas que no cuentan con el servicio de transporte, tales como los barrios de Tlacheloya 1ª y 2ª sección. El servicio se realiza a través de autobuses foráneos con dirección a Temoaya. Otras localidades que no cuentan con el servicio de transporte son: La Palma Toltepec, Sor Juana Inés de la Cruz al noreste de San Pedro Totoltepec, Tecaxic, Palmillas y San Martín Toltepec.

Análisis Costo Beneficio del TITV

- En la zona de la terminal existen 14 bases foráneas de taxis colectivos, de las cuales sólo cuatro están autorizadas.

Municipio de Metepec

La conectividad de Metepec con la región centro y con el resto del país se define a nivel regional con el sistema que conecta a la Zona Metropolitana de Toluca. En primer término está el sistema carretero: al oriente de la Zona Metropolitana se encuentra la autopista México-Toluca, al Sur la Carretera Toluca-Metepec-Tenango; al norte la carretera Toluca-Atlacomulco-Morelia-Guadalajara y el libramiento norponiente que comunica Lerma-Zitácuaro; al poniente la carretera Toluca-Amanalco de Becerra-Valle de Bravo y la carretera Toluca- Temascaltepec; y al nororiente la carretera libre Toluca-Naucalpan. Asimismo, actualmente se encuentra en proceso de construcción la carretera Lerma-Tres Mariás que comunicará el sur del Estado de México con el Valle de Toluca, que cruza el oriente de Metepec y permitirá la conexión con el Libramiento norponiente.

Metepec cuenta con una estructura vial compuesta por carreteras regionales, vialidades intermunicipales, vialidades primarias, secundarias y locales, que cumplen funciones diferenciadas en cuanto a su capacidad como ejes estructuradores no sólo a nivel municipal, sino en el contexto metropolitano del Valle de Toluca. En primer término está el Paseo Tollocan que es la continuación de la carretera México-Toluca, y constituye un eje de importancia fundamental en el contexto de la ciudad, pues por un lado, es el principal punto de acceso al Valle de Toluca desde la Ciudad de México, con la cual tiene una vinculación funcional determinante, y por el otro, conecta a los municipios de Lerma, San Mateo Atenco, Metepec y Toluca, de manera rápida y eficiente.

Por otro lado, está la carretera regional Metepec-Tenango del Valle, que parte de Av. Solidaridad-Las Torres y concluye en el municipio de Tenango del Valle. En su primer tramo (Av. Solidaridad Las Torres-Carretera a Zacango), da estructura vial y conectividad a la zona comercial y de servicios más relevante del municipio, además de constituir una de las principales conexiones con el municipio de Toluca, al tomar el nombre de Av. Pino Suárez a partir de Av. Solidaridad-Las Torres. En el siguiente tramo (Carretera a Zacango-Municipio de Tenango del Valle), representa la opción más importante para vincular a los municipios de Mexicaltzingo, Calimaya, Chapultepec, San Antonio la Isla, Rayón, Atizapán, Almoloya del Río y Tenango del Valle. En su conjunto es la principal vía de comunicación hacia la región de Ixtapan de la Sal, sus municipios colindantes e incluso hacia la costa del Estado de Guerrero. Asimismo, actualmente se encuentra en proceso de construcción la carretera Lerma-Tres Mariás que comunicará el sur del Estado de México con el Valle de Toluca, que cruza el oriente de Metepec y permitirá la conexión con el Libramiento norponiente.

En el tema referente al sistema de transporte, en el territorio municipal operan catorce líneas de autobuses urbanos y suburbanos, y 3 de servicio foráneo. Los autobuses, y en algunos casos los taxis colectivos, constituyen las únicas opciones de transporte público en el municipio. Estas prestan servicio de las 5:45 a las 22:00 hrs, tanto hacia los municipios de Toluca, Zinacantepec, Lerma y San Mateo Atenco, que forman parte de la conurbación, como a la Ciudad de México y al sureste del estado.

Las características de las rutas de autobuses que trabajan en el ámbito de la metrópoli tienen las siguientes características:

- Derroteros complejos y falta de claridad (rutas no son legibles; y para quienes usan por primera y/o única vez este sistema, es muy complicado comprender el funcionamiento, las rutas y los destinos).
- Falta de planeación de rutas acorde a la infraestructura vial unidades obsoletas.

Análisis Costo Beneficio del TITV

- Tiempos de espera y/o recorrido demasiado largo, el primero depende en gran medida de la hora en que se preste el servicio.
- En algunas rutas u horarios exceso de unidades y por lo tanto subutilización de las mismas y emisión de contaminantes innecesaria. En el caso de otras rutas y horarios, saturación del cupo autorizado.
- Operación desordenada en cuanto a tiempos, planeación de unidades que cubren un derrotero, operación de las unidades (manejo), ascenso y descenso de pasaje en lugares prohibidos, paradas y paraderos no autorizados y sin la infraestructura adecuada para una operación eficiente y segura.

Municipio de Lerma

En cuestiones de infraestructura carretera el municipio cuenta actualmente con un aproximado de 198 km de carretera, de las cuales 107.1 km son vialidades primarias y 90.6 km son vialidades secundarias. Entre las vialidades más importantes se encuentran

- Carretera México – Toluca
- Carretera la Marquesa – Toluca
- Carretera Cuernavaca – Tianguistenco - Toluca que entronca con la carretera México – Toluca.
- Carretera Jajalpa - Ameyalco - Atarasquillo que comunica a los pueblos de la zona noreste.
- Libramiento Nororiente de Toluca, el cual tiene origen en la carretera México - Toluca en el Municipio de Lerma y funciona como un libramiento de la autopista Toluca - Atlacomulco.

Es importante mencionar que existen dos proyectos viales para el municipio, que permitirán una mejor conexión a nivel regional: Autopista Lerma-Santiago Tianguistenco- Tres Marías y Ramal a Tenango del Valle (en construcción) y la Autopista Naucalpan – Toluca (proyecto).

El servicio de transporte en el municipio se encuentra concesionado tanto a líneas de autobuses como de taxis. Prestando servicio cada 10 minutos, siguiendo rutas por Ameyalco, la Cabecera Municipal y la Zona Industrial.

Municipio de Ocoyoacac

El municipio es cruzado por tres vialidades regionales que no pasan por la cabecera municipal, la primera es la Carretera federal México-Toluca, que pasa al norte de la cabecera con una longitud aproximada de 2 kilómetros y que es una de las dos únicas vialidades que unen a la Zona Metropolitana de Toluca con la Zona Metropolitana del Valle de México, por lo que tiene un carácter estratégico. Sobre esta vialidad se está consolidando un corredor turístico comercial en donde se asientan establecimientos de comida y servicios. Cabe mencionar que diversos negocios invaden el derecho de vía federal y estatal de la esta carretera. La comunicación que se tiene con la Ciudad de Toluca y el Distrito Federal a partir de esta autopista es la que fomenta el constante ir y venir de la población ocupada que tiene sus fuentes de empleo en estas ciudades. Así como de la población que requiere de servicios que no encuentra en el municipio (educación superior, salud, etc.) y el paso de vehículos que se dirigen a otros destinos y necesariamente pasan por esta vialidad.

Análisis Costo Beneficio del TITV

La segunda vialidad es la carretera La Marquesa-Tenango de norte a sur, que pasa por el este del municipio sin ningún centro de población a su paso dentro del territorio municipal, a excepción de La Marquesa. Esta vialidad conecta a Ocoyoacac con los municipios de Jalatlaco y Ocuilan, e incluso con el Estado de Morelos. Esta carretera tiene dos intersecciones importantes en el territorio de Ocoyoacac; la primera a la altura del Valle del Silencio, que comunica a San Pedro Atlapulco y de ahí hasta San Pedro Cholula, pasando por Ocoyoacac y la segunda, después de los Valles del Conejo y la Carbonera, que va a San Pedro Atlapulco, siendo la única forma de acceso permanente a dicha comunidad por los cortes de circulación en la carretera que une dicho poblado con San Jerónimo Acazulco.

La tercera vialidad regional es la carretera del Acueducto que une Amomolulco y la carretera México-Toluca con Capulhuac y Santiago Tianguistenco, por esta vía transita el transporte de carga a su vez funciona como libramiento de la carretera que va a Santiago Tianguistenco, pasando por Ocoyoacac.

La estructura vial primaria está constituida por dos carreteras, la primera de ellas, la carretera Amomolulco-Ocoyoacac-Capulhuac-Santiago Tianguistenco que parte de este a oeste de la carretera México-Toluca, pasa por la zona industrial, toma el nombre de 16 de Septiembre y llega al centro de la cabecera, la segunda vialidad es la carretera que corre de oeste a este uniendo a San Pedro Cholula-Ocoyoacac-San Jerónimo Acazulco y que se une a la carretera La Marquesa-Tenango a la altura del Valle del Silencio. Esta carretera entre San Pedro Cholula y Ocoyoacac se denomina Av. Chimaltecatl, y dentro de la cabecera toma el nombre de Av. Guadalupe Victoria.

Es importante señalar que en el territorio municipal existe una gran cantidad de caminos vecinales y veredas de uso común, cuyos derechos de paso deben registrarse para evitar que con su urbanización, sean cancelados y/o limitados los accesos como ocurrió con caminos y veredas que existían en los terrenos que actualmente ocupan los fraccionamientos Jajalpa y San Martín.

El municipio de Ocoyoacac se encuentra comunicado con otros municipios y estados, a través del sistema público dividiéndose en foráneo, suburbano y urbano. El transporte foráneo se conforma por cuatro líneas de autobuses, que cubren las siguientes rutas:

- Autobuses Águila (México-Ocoyoacac-Tianguistenco)
- Autobuses Estrellas del Noreste: (Toluca-Ocoyoacac-Acazulco, Toluca-Ocoyoacac-Tianguistenco, México-La Marquesa-Tianguistenco, y Toluca-Tianguistenco-Santa Marta-Cuernavaca)
- Autobuses Tres Estrellas del Centro (México-La Marquesa-Ixtapan de la Sal-Taxco)
- Autobuses Flecha Roja (México-La Marquesa-Atlapulco-Jalatlaco, México-Techuchulco-Santa María Jajalpa-Joquicingo-Malinalco-Chalma)

De las rutas mencionadas, únicamente las dos primeras entran a la cabecera municipal, por la Av. 16 de septiembre, y las otras dos atraviesan el municipio por la parte de La Marquesa. Además de estas líneas de autobuses foráneas hay dos rutas de microbuses que comunican al Distrito Federal con el municipio: Ruta 79, Distrito Federal-La Marquesa-Atlapulco; y Microbuses Unidos del DF, Ruta 1 y 4 México - Atlapulco o Salazar. Estas rutas no llegan a la cabecera municipal. A su vez, existen rutas de microbuses y taxis que cubren una ruta de Huixquilucan - La Marquesa. Ninguna de las rutas de transporte foráneo tiene como punto destino a Ocoyoacac. En transporte suburbano sólo hay una línea de microbuses que comunica a Ocoyoacac con Acazulco.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Finalmente, los taxis son el medio de transporte al interior de la cabecera municipal y sus principales localidades. Aproximadamente el 50% de los vehículos que pasan en los principales cruces conflictivos son taxis. Es importante señalar que existen vehículos particulares no autorizados realizando el servicio de taxi. Cabe mencionar, que el transporte, foráneo, suburbano y urbano que comunica a la cabecera municipal, lo hace principalmente por las vialidades 16 de septiembre y Aldama, la ubicación de bases de taxis en este lugar representa problemas viales en la intersección de éstas, los cuales se acentúan los días miércoles que es cuando se lleva a cabo el tianguis.

Los corredores oriente – poniente en Toluca (Paseo Toluca y Av. Las Torres)

La mayor parte del territorio que conforma la ZMVT está integrada por vialidades que interconectan sus municipios; sin embargo hay zonas que carecen de carreteras troncales federales o tienen poca longitud vial por lo que si se considera que estos caminos comunican grandes distancias puede reafirmarse que los municipios que carecen de este tipo de carreteras adolecen de una integración con el resto del país y en consecuencia su comunicación regional y nacional es deficiente.

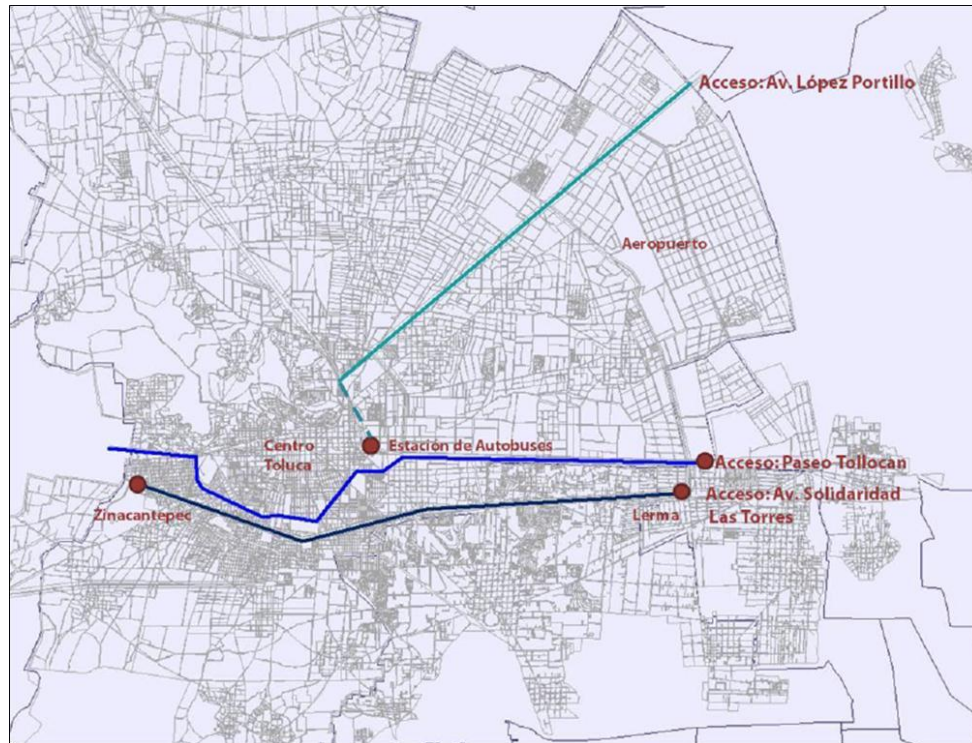
Resulta de especial relevancia para el estudio por su función de integración territorial la Av. Paseo Toluca, que es la continuación natural de la Carretera México -Toluca y su continuidad con el occidente del país. Otro corredor importante de la ZMVT es la Av. Solidaridad - Las Torres que sirve actualmente como opción de traslado oriente – poniente.

En términos generales en todos los municipios existen vías de comunicación; sin embargo hay municipios que carecen de carreteras troncales federales o tienen poca longitud por lo que si se considera que estos caminos comunican grandes distancias puede reafirmarse que los municipios que carecen de este tipo de carreteras, adolecen de una integración con el resto del país y en consecuencia su comunicación regional y nacional es deficiente. De ellas, resultan de especial relevancia para el estudio por su función de integración territorial el Paseo Toluca, que es la continuación natural de la Carretera México - Toluca y su continuidad con el occidente del país, así como la Av. Las Torres, al sur de la anterior y que sirve actualmente como opción de traslado oriente - poniente.

Los corredores y puertas a la ZMVT se presentan en la siguiente figura.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-10. Corredores y puertas a la ZMVT



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Visto en el conjunto de las vialidades de la Ciudad de Toluca, se puede decir que Paseo Tollocan durante mucho tiempo ha sido la vialidad que recibe los flujos vehiculares más importantes de la Ciudad de Toluca, derivado de la ausencia de opciones viales y de transporte de todo tipo. Esta centralización de flujos orilló en 2007 a la construcción del Libramiento Ruta de la Independencia Bicentenario el cual funge como un arco regional para el flujo de pasajeros y carga con el occidente del país (Atacomulco, Morelia y Guadalajara). Por lo anteriormente expuesto, hoy en día el Paseo Tollocan presenta condiciones de ineficiencia como consecuencia de la multifuncionalidad que desarrolla, derivado de los problemas en la estructura vial, ello acarrea consecuencias negativas al desarrollo urbano, a la economía urbana y al ambiente. Existen evidencias de que los aforos se han incrementado en los últimos diez años en ambos sentidos del eje vial. Así mismo presenta puntos de conflicto observados en los estudios de nivel de servicio y movimientos direccionales, los cuales reportan conflictos en los cuerpos laterales y los cruces con otras Avenidas, ello deriva en desplazamientos lentos, al mismo tiempo que se dificulta la accesibilidad. En suma, reporta un nivel de servicio deficiente con alta congestión en ciertos horarios, a pesar de que se han realizado obras que han buscado mejorar los tiempos de traslado, particularmente a partir de puentes en los cuerpos laterales para facilitar el viaje del transporte de carga y pasajeros.

Otra vialidad que moviliza importantes flujos vehiculares en sentido oriente poniente es la Av. Solidaridad las Torres, la cual comunica en toda su extensión a los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Lerma, ya que cuenta con 25 km de longitud y 4 cuerpos de dos carriles cada uno, una capacidad para 45 mil vehículos diarios y un derecho de vía suficiente para albergar en un momento dado un sistema de transporte masivo férreo. La vialidad Las

Análisis Costo Beneficio del TITV

Torres forma parte de la red vial básica de la Zona Metropolitana de Toluca, como parte de uno de sus circuitos concéntricos y como uno de sus principales ejes alimentadores radiales canalizados de transporte pesado principalmente. Actualmente dicha Av. es objeto de un contrato de prestación de servicios de largo plazo para su modernización y mantenimiento por 25 años. Los principales tramos que conforman el contrato son de Blvd. Adolfo López Mateos y Av. Torres Chicas hasta la intersección con Blvd. Solidaridad Las Torres y Av. Díaz Mirón y un segundo tramo que comprende del cruce con Av. Díaz Mirón al cruce con Blvd. Aeropuerto. Un tercer tramo comprende de Av. Aeropuerto hasta el acceso a San Pedro Tultepec, con prolongación de la Av. Solidaridad las Torres a la Carretera México Toluca, con una construcción de dos cuerpos con longitud de 4.2 km.

Av. De las Torres cruza importantes vialidades regionales, como el Blvd. Adolfo López Mateos que es la vía por la cual circula gran cantidad de vehículos provenientes de la zona industrial de Toluca y genera gran lentitud al momento de incorporarse con Av. Torres Chicas. Las Av. Jesús Carranza y Paseo Colón, son las Avenidas por las que el tránsito proveniente de Paseo Tollocan ingresa a Blvd. Adolfo López Mateos y de Av. Morelos generando también congestión en ambos sentidos.

Av. Pino Suarez y Av. Díaz Mirón donde se presenta intenso congestionamiento ya que estos cruces se encuentran relativamente cerca uno del otro y convergen el tránsito vehicular de Av. Isidro Fabela y 5 de mayo respectivamente. Av. Tecnológico también presenta intenso congestionamiento ya que se genera tránsito lento por los semáforos y la reciente apertura del libramiento Bicentenario que conecta la Carretera Tenango Toluca con los municipios de Metepec y Toluca para desembocar hacia la Ciudad de México, ya sea por Av. De las Torres o por Paseo Tollocan, considerado también como el Libramiento Oriente de Metepec, mantiene un derecho de vía de 60 m y se ha convertido en una de las salidas de mayor afluencia de los municipios al sur del Valle de Toluca, que se dirigen a la zona industrial, al aeropuerto, al parque industrial Toluca 2000 y la central de abasto.

Es importante recalcar que el Paseo Tollocan mantiene una triple función:

- Como el principal eje de circulación vial en Toluca,
- Como el eje estructurador de las conexiones regionales de Toluca y
- Como el eje promotor de la expansión urbana y económica.

La vialidad está siendo utilizada al límite de su capacidad, con pocas probabilidades de incremento de la misma sin afectar el valor estético de su parque lineal. Existen evidencias de que los aforos se han incrementado en los últimos diez años en ambos sentidos del eje vial, conforme a la información publicada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Adicionalmente, presenta puntos de conflicto observados en los estudios de nivel de servicio y movimientos direccionales, los cuales reportan conflictos en los cuerpos laterales y los cruces con otras avenidas. Ello deriva en desplazamientos lentos, al mismo tiempo que se dificulta la accesibilidad. En suma, reporta un nivel de servicio deficiente con alta congestión en ciertos horarios, a pesar de que se han realizado obras que han buscado mejorar los tiempos de viaje, particularmente a partir de puentes vehiculares en los cuerpos laterales, para facilitar el viaje del transporte de carga y pasajeros. El traslado de parte de estos movimientos a vialidades paralelas aledañas es una acción recomendable para mejorar el actual nivel de servicio.

Esto se constata a partir de los aforos realizados en Paseo Tollocan, donde los flujos registrados corresponden a un nivel de servicio E, el cual indica una saturación en la capacidad de la vialidad y la dificultad de absorber mayores flujos de tránsito. Del estudio realizado, se observó que diariamente circulan por dicha vialidad 180 mil automóviles, 5 mil

Análisis Costo Beneficio del TITV

autobuses y un poco más de 5,800 camiones de carga. Por ello, la vialidad adquiere aún más significado para los flujos de transporte tanto público como privado, llegando a registrarse desplazamientos de periodos largos de tiempo, con circulación lenta y congestionamiento.

Figura 2-11. Resultado de aforos automáticos Paseo Tollocan

Resultado de los aforos automáticos: Estación Tollocan (ambos sentidos)							
Total	1,261,246	35,213	26,479	11,464	2,720	1,337,122	E
Promedio entre semana	179,509	5,130	3,924	1,732	399	190,694	
Promedio fin de semana	181,851	4,782	3,429	1,403	363	191,827	
Tránsito diario promedio semanal	180,178	5,030	3,783	1,638	389	191,017	

Fuente: Estudio de mercado USTRAN-ILF 2012.

Además de Paseo Tollocan, existe otra vialidad que moviliza importantes flujos vehiculares en sentido oriente poniente. Esta vía paralela es la Av. Solidaridad-Las Torres, la cual comunica en toda su extensión a los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Lerma, ya que cuenta con 16.3 km de longitud y 4 cuerpos de dos carriles cada uno, una capacidad para 45 mil vehículos diarios y un derecho de vía suficiente para albergar en un momento dado un sistema de transporte masivo.

Por otra parte la Av. Solidaridad-Las Torres forma parte de la red vial básica de la ZMVT, como parte de uno de sus circuitos concéntricos y como uno de sus principales ejes alimentadores radiales cuya modernización tuvo como fin hacer de esta avenida una alternativa de solución a la congestión presente en Paseo Tollocan, pues con la ampliación y mejoramiento de Av. Solidaridad-Las Torres se pretendió que el transporte de carga cruzara la ciudad sin pasar por el centro, además de permitir movimientos locales de oriente a poniente y viceversa, desahogando el tránsito de Paseo Tollocan.

La información existente en cuanto a los Planes de Desarrollo Urbano, tanto estatales como municipales y regionales así como los diversos planes y programas de transporte existentes en el área de estudio fueron considerados dentro del análisis. Los documentos oficiales consultados fueron:

- Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México, GEM
- Plan Regional de Desarrollo Urbano para el Valle de Toluca, GEM
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano, Toluca; GEM
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano, Metepec, GEM
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano, Lerma, GEM
- Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, GDF
- Estudio de Factibilidad del Tren Regional Toluca-Naucaupan, COTREM-SOGELERG
- Plan Maestro de Transporte Eléctrico 1997, GDF
- La expansión de las ciudades 1980-2010, SEDESOL
- Análisis de prefactibilidad de un corredor de transporte masivo para la Ciudad de Toluca y su Zona Metropolitana (nivel presentación PowerPoint), GEM-UAEM.

Análisis Costo Beneficio del TITV

En conclusión, si bien esta vialidad busca ser una alternativa a los flujos vehiculares de Paseo Tollocan, éstos siguen incorporándose finalmente a dicha Av. en viajes hacia el oriente de Toluca, Lerma o la Ciudad de México, y en sentido inverso podrá ocurrir con mayor intensidad una vez que queden concluidas las obras de ampliación y modernización que a la fecha impiden realizar viajes a la velocidad estimada para esta vialidad que conecta hasta el municipio de Zinacantepec.

2.2.4. Caracterización de la oferta en transporte público

Identificación de las rutas del corredor

La primera actividad para caracterizar la oferta de transporte público es la definición de las rutas que dan servicio al corredor bajo estudio.

Así, partiendo de un estimado de 140 ramales operando en la porción poniente de la Ciudad de México de los 1,150 existentes en toda la ZMVM, y de las 317 rutas urbanas y suburbanas que operan en la ZMVT, se llegó a definir las 61 rutas urbanas y suburbanas más importantes y que se presentan como rutas de gran influencia sobre el proyecto propuesto.

A partir de esta definición, se elaboró la verificación de rutas, paradas e infraestructura así como los estudios y encuestas desarrollados en el estudio de demanda.

Las 61 rutas consideradas son 10 procedentes del paradero de Cuatro Caminos, 14 del de Tacubaya, 4 del paradero de Observatorio, 4 rutas del paradero Chapultepec, y 29 rutas de la Zona Metropolitana de Toluca.

A estas rutas urbanas y suburbanas se sumaron 11 líneas de transporte foráneo para completar las 72 rutas de transporte identificadas como las más importantes para el corredor bajo estudio.

El detalle de estas 72 rutas se muestra en las tablas siguientes:

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-3. Rutas estudiadas en la porción poniente de la Ciudad de México

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA
Chapultepec	Cuajimalpa-Contadero-Yaqui	Ruta 76
	La Villa por Palmas - Santa Fe	RTP
	Cuajimalpa - Contadero - Yaqui	Ruta 114 Monte de las Cruces
	La Villa - Santa Fe	Corredor Bicentenario
Cuatro Caminos	Toreo - Maguallera	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdeCV
	Toreo - Chimalpa - Hielo Cumbres	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdeCV
	Toreo - Calzada Guadalupe	Cuartos Capulin y Ramales, SAdeCV
	Toreo - Xochicuautla	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdeCV
	Toreo - Huixquilucan	Transportes Colectivos Ruta 85
	Toreo - Huixquilucan	Asociación de Propietarios de Autotransporte
	Viga - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdeCV
	Chimalpa - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdeCV
	Toreo - Santa Cruz	Propietarios Asociados Huixquilucan
Observatorio	Toreo - Chimalpa Guarda	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdeCV
	Observatorio - San Juan Chimalpa	Monte de las Cruces, SAdeCV
	Observatorio - Santa Fe	Ruta 5
	Observatorio - Acopilco	Monte de las Cruces, SAdeCV
Tacubaya	Observatorio - Huixquilucan	Monte de las Cruces, SAdeCV
	Tacubaya - La Marquesa	Ruta 4
	Tacubaya - Santa Fe	Ruta 5
	Tacubaya - Acopilco	Ruta 4
	Tacubaya - Acopilco	RTP
	Tacubaya - Navidad	Ruta 4
	Tacubaya - Santa Fe - La Loma	Ruta 5
	Tacubaya - Chimalpa	RTP
	Tacubaya - Santa Rosa	Ruta 5
	Tacubaya - Huixquilucan	Ruta 4
	Tacubaya - Piedras por Bosques	RTP
	Tacubaya - La Pila	RTP
	Tacubaya-Santiago	Ruta 4
	Tacubaya - Santa fe Coral	Ruta 5
	Tacubaya - San ta Fe - Coral - Sheraton - 3M	Ruta 5

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-4. Rutas estudiadas en el Valle de Toluca

ESTACION TERMINAL	BANDERA	EMPRESA
Toluca	Metepec - Aeropuerto	Atsuzi
	Arbol - Metepec	Atsuzi
	El Cerrillo - Toluca	Atsuzi
	Bldv. Toluca - Metepec	TEO
	Oyamel - Terminal	Transportes crucero
	Lerma - Zinacantepec- Carbajal	Zinabus
	Metepec - Santa Maria - Nativitas- Almoloya	Autotransportes Colón Nacional
	Av. Las Torres San Lorenzo - Huixtlaipán	Autobuses Estrella del Noreste SAdeCV
	Santiago Tiaguistenco de Galeana - Terminal Toluca	Autotransportes Estrella del Noreste SAdeCV
	Terminal Toluca - Villa Sn Pedro - Sn Lorenzo	Flecha de Oro
	Terminal Toluca - Santa María Lerma	Autotransportes Estrella del Noreste SAdeCV
	Terminal Toluca - La Huerta	ATR
	Terminal Toluca - Xonacatlán - Sta. María	Bicentenario
	Terminal Toluca - Lerma - San Mateo Atarazquillo	Bicentenario
	Toluca - La Unidad - Sn. Mateo Atenco	Intermetropolitano
	Terminal Toluca - Metepec	TEO
	Terminal Toluca - Central de abastos	Ala de Oro
	San Antonio Acahualco - Sn Pedro Tultepec	Valle de Toluca
	Terminal Toluca - Villa	Flecha de Oro
	Las Torres - Tlachaloya	Corsarios del Norte SAdeCV
	Toluca - Ocoyoacac - San Pedro Tultepec	Autotransportes Estrella del Noreste SAdeCV
	San Jose La Pila - CU	Autotransportes Adolfo Lopez Mateos SAdeCV
	San Juan Tilapa - Cristo Rey - San Gaspar Tlahuelilpan	Compañía Transportista de Toluca SAdeCV
	Centro Toluca - San Jose La Pila	Colon Nacional
	CBTis, Las Palomas, ISSSTE, HIPICO x Torres	RED TP
	Lerma-Cañada	Zinabus
	Terminal Toluca - Santa Ana Jilotzingo	Flecha de Oro
	Terminal Toluca - Xona - Concepción Hidalgo	Autotransportes Cuatro Caminos
	Sierra Morelos-Terminal	RED TP
Foráneo-Cuatro Caminos	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Flecha Roja Naucalpan
	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Autotransportes Toluca - Cuatro Caminos SAdeCV
	Cuatro Caminos - Temoaya	Autotransportes mixtos Naucalpan - Toluca
	Cuatro Caminos - Xonacatlán	Autotransporte de la Montaña
Foráneo-Observatorio	Terminal Observatorio - La Marquesa	Autotransportes el Aguila
	Terminal Observatorio - Toluca hasta las torres	Flecha Roja
	Terminal Observatorio - San Mateo Atenco	Flecha Roja
	Terminal Observatorio - Toluca Ordinario	Flecha Roja
	Terminal Observatorio - Plazas Outlet por la libre	Autotransportes el Aguila
	Terminal Observatorio - Toluca por la Libre	Flecha Roja
	Terminal Observatorio - Toluca	Caminante- Turismo y Autobuses México Toluca Triángulo Flecha SAdeCV

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Con la definición de las rutas para ser estudiadas se detectaron las 28 agrupaciones y empresas que prestan servicio en ambas áreas urbanas y que confluyen tanto en los paraderos de Cuatro Caminos, Tacubaya, Observatorio y Chapultepec como en el Valle de Toluca. Destacan como las agrupaciones o empresas más importantes:

- Ruta 5, concesionada por el GDF
- Ruta 4, concesionada por el GDF

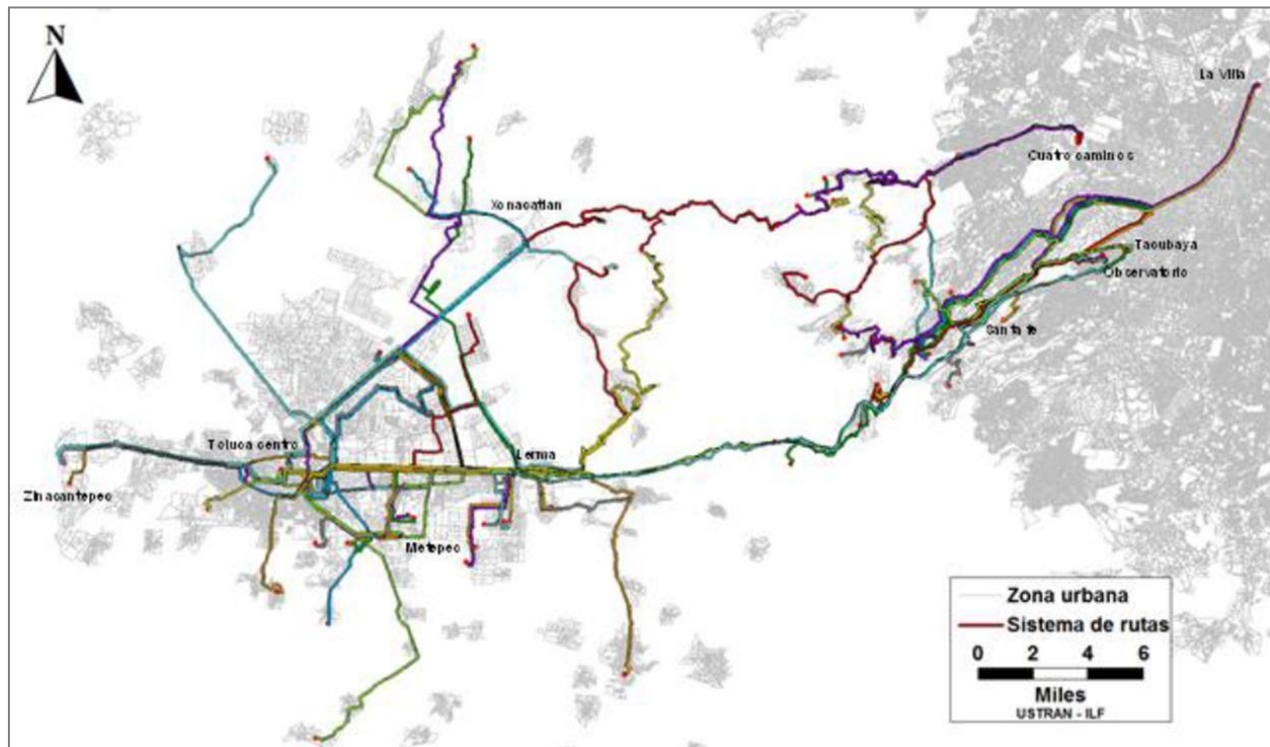
Análisis Costo Beneficio del TITV

- Red de Transporte de Pasajeros (RTP), propiedad del GDF
- México – Tacuba – Huixquilucan y Anexas S.A. de C.V., concesionada por el GEM

Red de transporte público del corredor

La red de transporte público definida por las 72 rutas consideradas se muestra en la Figura 2-12.

Figura 2-12. Red de transporte considerada dentro del estudio

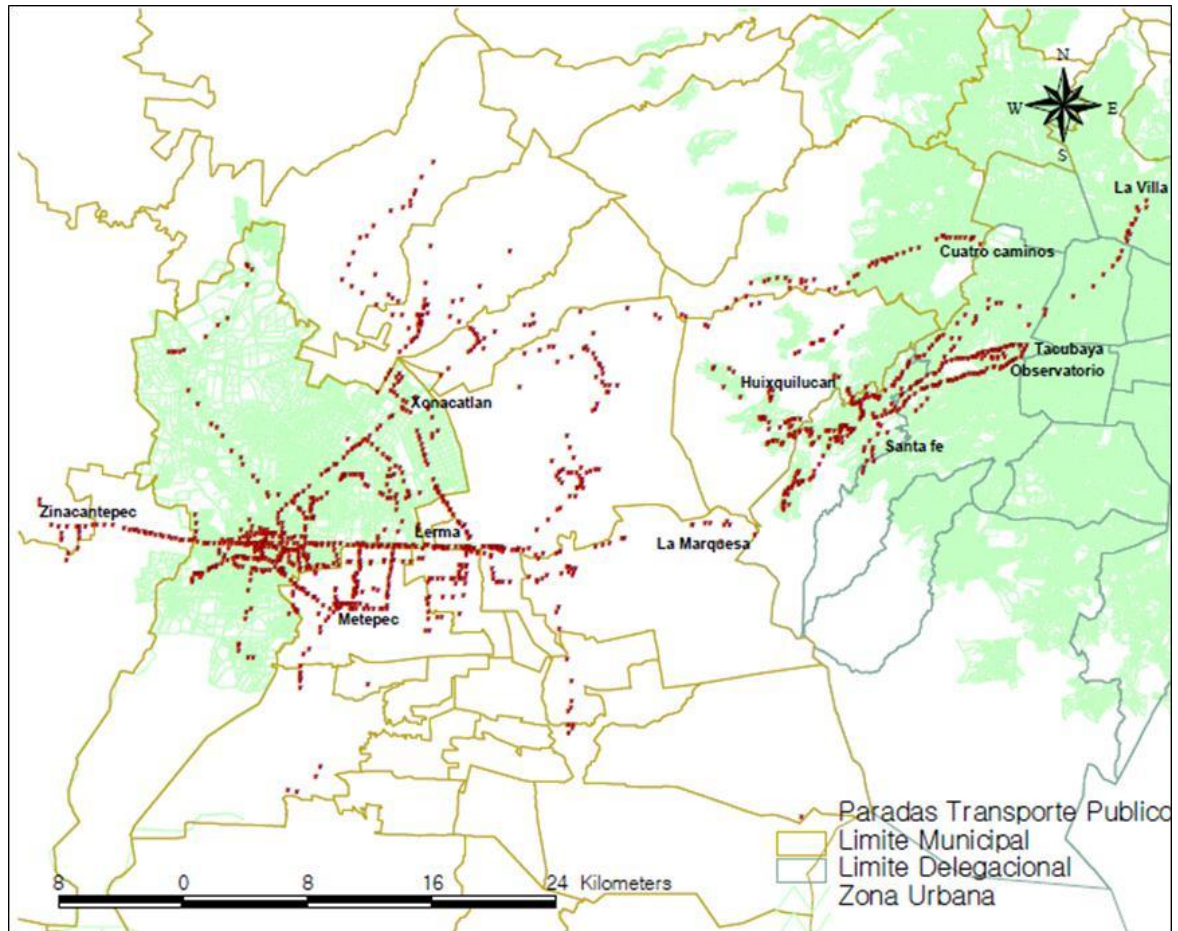


Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Como parte del ejercicio de verificación realizado, fue posible obtener, ubicar y clasificar las paradas que se presentan en las 61 rutas estudiadas así como en las 11 líneas foráneas, mismas que se muestran en la Figura 2-13, detectándose que en un mayor porcentaje éstas se realizan a media cuadra, tal y como se observa en la Figura 2-14. Esta red considera un total de 1,324 paradas, de las cuales 741 son discrecionales y el resto cuenta con alguna señalización o infraestructura.

Análisis Costo Beneficio del TITV

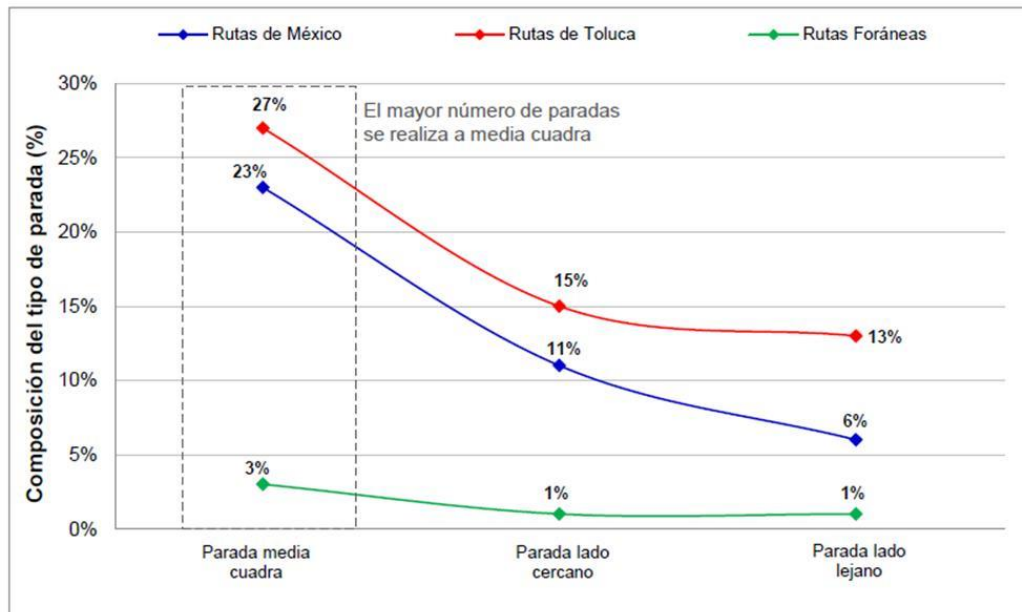
Figura 2-13. Paradas de la red transporte público considerada en el estudio



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-14. Gráfica del tipo de paradas realizadas por el transporte público en el área de estudio



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

A su vez, se obtuvo información sobre la ubicación de los cierres de circuito de las 72 rutas bajo estudio, mismas que se muestran en la figura siguiente. Se observa una fuerte concentración de cierres de circuito en la zona de la Terminal de Autobuses de Toluca así como en las terminales del metro de Cuatro Caminos, Tacubaya y Observatorio.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-15. Ubicación de los cierres de circuito de la red bajo estudio



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Finalmente, la verificación permitió obtener una idea de las condiciones que guarda el pavimento, pudiéndose señalar que el 56% de la red mantiene una superficie de rodamiento en condiciones regulares para la prestación del servicio y un 33% en buenas condiciones. Solo un 2% de los recorridos de transporte público en la red bajo estudio circulan por terracerías.

Resulta importante considerar que de las 35 empresas estudiadas, la que cuenta con el mayor número de rutas en operación (6 rutas) es la Tacuba Huixquilucan y Anexas SA de CV, procedente del CETRAM Cuatro Caminos, le siguen la Ruta 4 que opera en el CETRAM Tacubaya con cinco rutas en operación y la Ruta 5 que llega a éste mismo paradero con cinco rutas a su servicio.

Por otra parte, resulta notorio que el 57% de las empresas analizadas operan una ruta, este comportamiento se denota sobre todo en el Valle de Toluca lo que genera una mayor competencia y una mayor atomización en la zona que puede dificultar las negociaciones para la modificación de derroteros y características de operación. Con ello, es importante considerar una solución que por si sola genere la demanda requerida por el proyecto.

Datos operativos de la red de transporte público del corredor.

Con la red bajo estudio definida, se procedió al levantamiento de información sobre la oferta y la demanda a partir de los estudios de aforos, frecuencia y carga de los ascensos y descensos, tanto en rutas urbanas como suburbanas y foráneas, así como de los aforos realizados en los cierres de circuito y aforos vehiculares clasificados. El procesamiento y análisis de la información obtenida de estos estudios permitió definir los datos operativos de las rutas bajo estudio.

Análisis Costo Beneficio del TITV

El levantamiento de aforos, encuestas y otros estudios de campo necesarios para la determinación de la oferta y la demanda se realizaron en rutas y puntos estratégicos de la ZMVT así como en las tres delegaciones antes mencionadas del Distrito Federal.

Dentro de este numeral se pretende relacionar únicamente los estudios de campo efectuados, los cuales dan sustento ante la carencia de información documentada, y en numerales posteriores se presentan y comentan los resultados obtenidos.

A fin de dar a conocer de manera general el proceso de levantamiento de la información de campo para los estudios de demanda, se describen a continuación los estudios considerados y realizados en esta etapa.

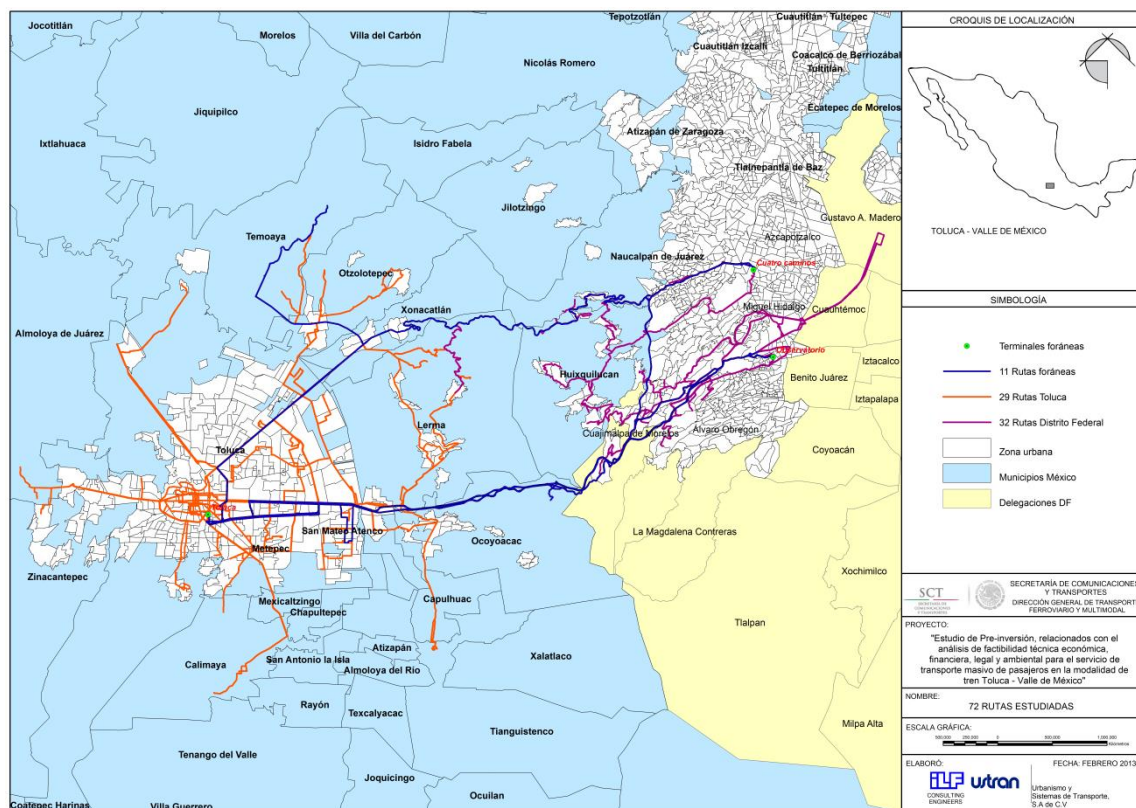
Verificación e inventario de rutas

Del universo existente de rutas urbanas y suburbanas que prestan su servicio tanto en la Ciudad de México como en la ZMVT, se seleccionaron las 61 rutas urbanas y suburbanas que mostraban una mayor influencia sobre el corredor bajo estudio para realizar la verificación en campo de su derrotero. Para ello, se verificaron 10 rutas correspondientes al paradero de Cuatro Caminos, 14 rutas del CETRAM Tacubaya, 4 rutas del CETRAM Observatorio, 4 rutas del CETRAM Chapultepec y 29 rutas pertenecientes al Estado de México (Toluca). Este estudio fue realizado a bordo de las unidades de transporte público con la ayuda de equipos GPS en el cual se registraron las paradas, la infraestructura existente y el recorrido de la ruta.

Así mismo, se realizó el inventario y la verificación de 11 rutas foráneas que prestan su servicio entre el Valle de México y la ZMVT, concentrando el levantamiento de esta información en la Terminal de Autobuses Poniente y el CETRAM Cuatro Caminos. Para ello, se verificaron los recorridos, paradas e infraestructura de once rutas foráneas consideradas con mayor influencia en el corredor en estudio. Para la realización de esta actividad se abordaron las unidades de transporte foráneo verificando el recorrido y las paradas existentes con la ayuda de equipos GPS. La re verificada de las rutas se muestra en la siguiente figura:

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-16. Red de rutas verificadas



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

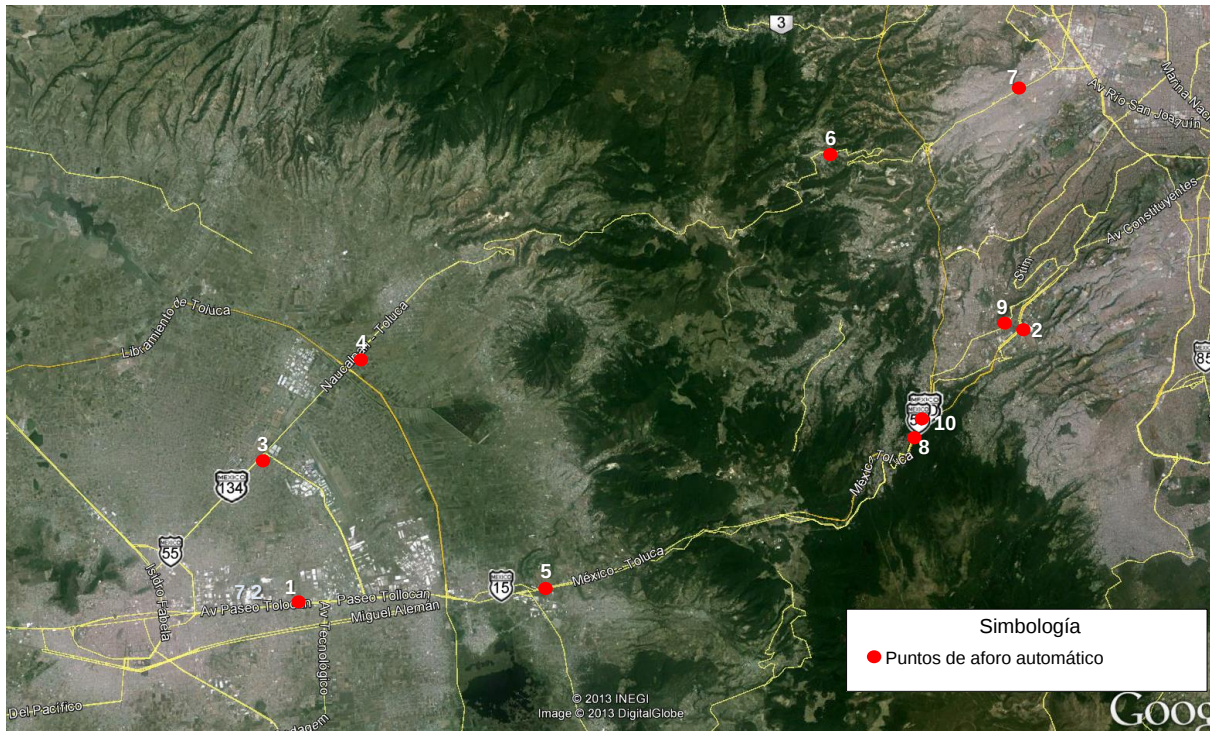
Aforos automáticos vehiculares

Con relación al levantamiento de aforos automáticos con clasificación vehicular, estos se realizaron cubriendo siete días, las 24 horas del día y realizando cortes de información cada 15 minutos en diez puntos de conteo representativos de la zona de estudio.

La siguiente figura muestra la ubicación de los 10 puntos de aforo automático considerados para la zona bajo estudio.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-17. Ubicación de puntos de aforo automático



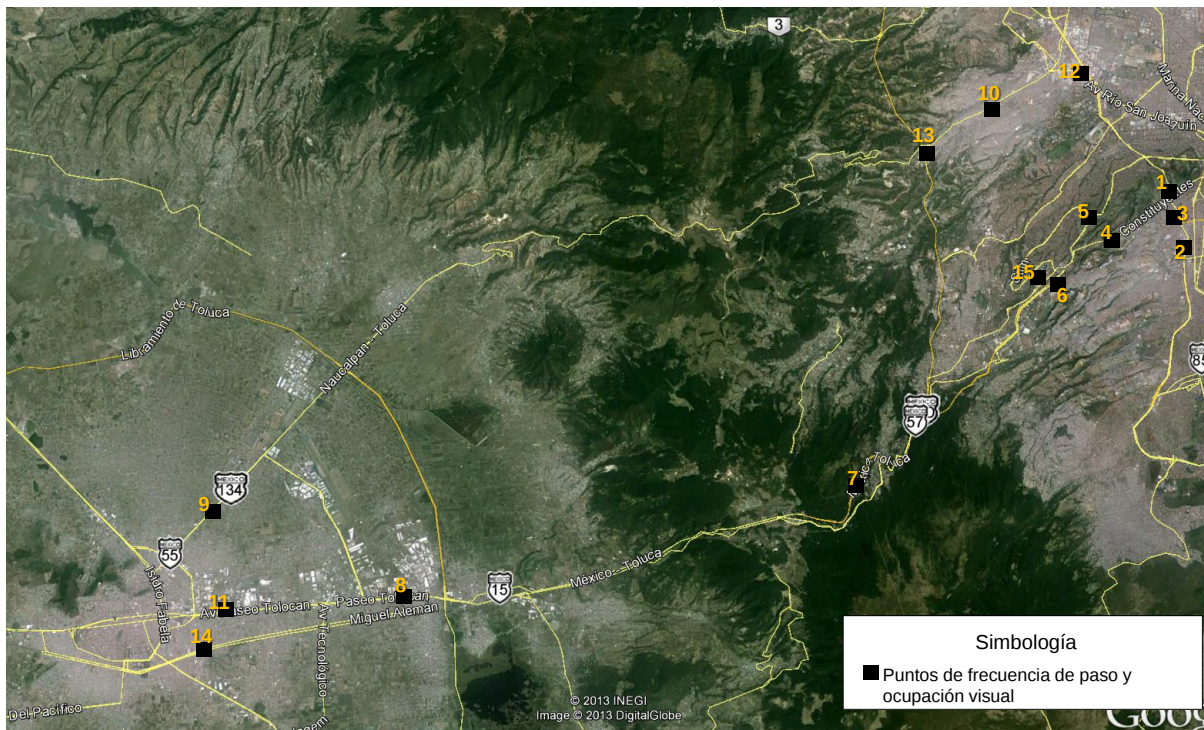
Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Frecuencia y carga

A su vez, para la ubicación de los quince puntos propuestos en el estudio de frecuencia y carga se optó por colocar a los aforadores en zonas estratégicas de paso para el transporte público urbano y suburbano de tal suerte que pudieran visualizar con facilidad el tipo de unidad y estimar la carga de pasajeros a bordo de esta unidad. Las vialidades principales donde se ubicaron estos puntos son Av. Constituyentes, Av. Reforma, Carretera Naucalpan – Toluca, Av. 1º de Mayo, Carretera Libre México Toluca, Av. Solidaridad las Torres (Toluca) y Av. Paseo Tollocan (Toluca). La siguiente figura muestra la ubicación de los 15 puntos de frecuencia y carga seleccionados.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-18. Ubicación de puntos de frecuencia de paso y ocupación visual



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

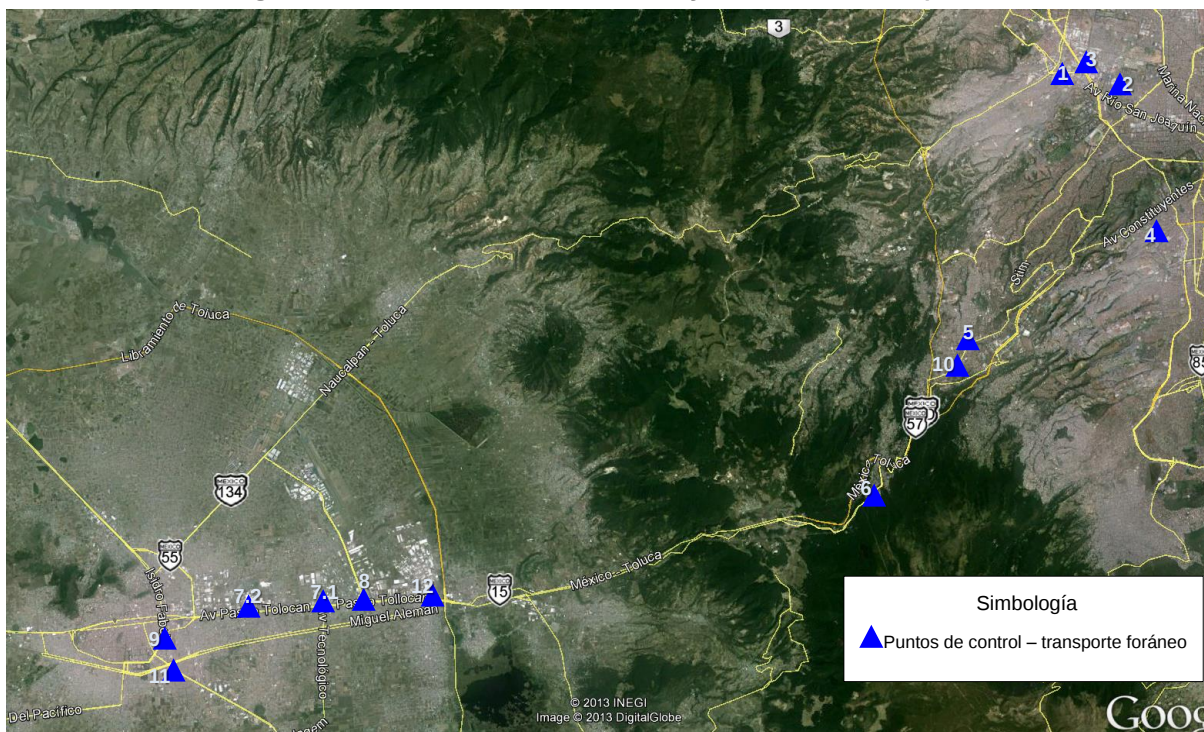
Ascenso y descenso

Se levantó el registro de los ascensos - descensos y tiempos de recorrido que caracterizan a las 61 rutas urbanas y suburbanas seleccionadas. Esta actividad se realizó abordando las unidades de la primera corrida y anotando en el formato correspondiente el nombre de la ruta, la empresa, la hora de salida y llegada a las terminales, el tiempo de recorrido, el tipo de unidad y el número de pasajeros que subían y bajaban en cada parada de la ruta. A la par de este estudio se realizó el levantamiento de los cierres de circuito en paraderos y terminales de las 61 rutas antes mencionadas. El procesamiento y análisis de la información obtenida de estos estudios permitió definir los parámetros operativos de las rutas bajo estudio.

Las empresas de transporte foráneo estudiadas no permitieron realizar los conteos a bordo de las unidades, para lo cual se realizó la revisión de corridas y cargas en puntos de corte ubicados principalmente en la terminal de autobuses Poniente, CETRAM Cuatro Caminos y la Terminal de Autobuses de Toluca, así como en 9 puntos intermedios entre estas terminales desde la ZMVM hasta la ZMVT. El estudio consistió en anotar en un formato el número de unidad, la placa y la cantidad de pasajeros que subían y bajaban en cada una de las terminales y puntos intermedios antes mencionados y realizar un procesamiento para determinar el comportamiento de ascenso y descenso a lo largo de las 11 rutas estudiadas. Estos puntos de revisión se muestran en la siguiente figura.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-19. Puntos de revisión de ascenso y descenso en el transporte



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tiempos de recorrido y demoras

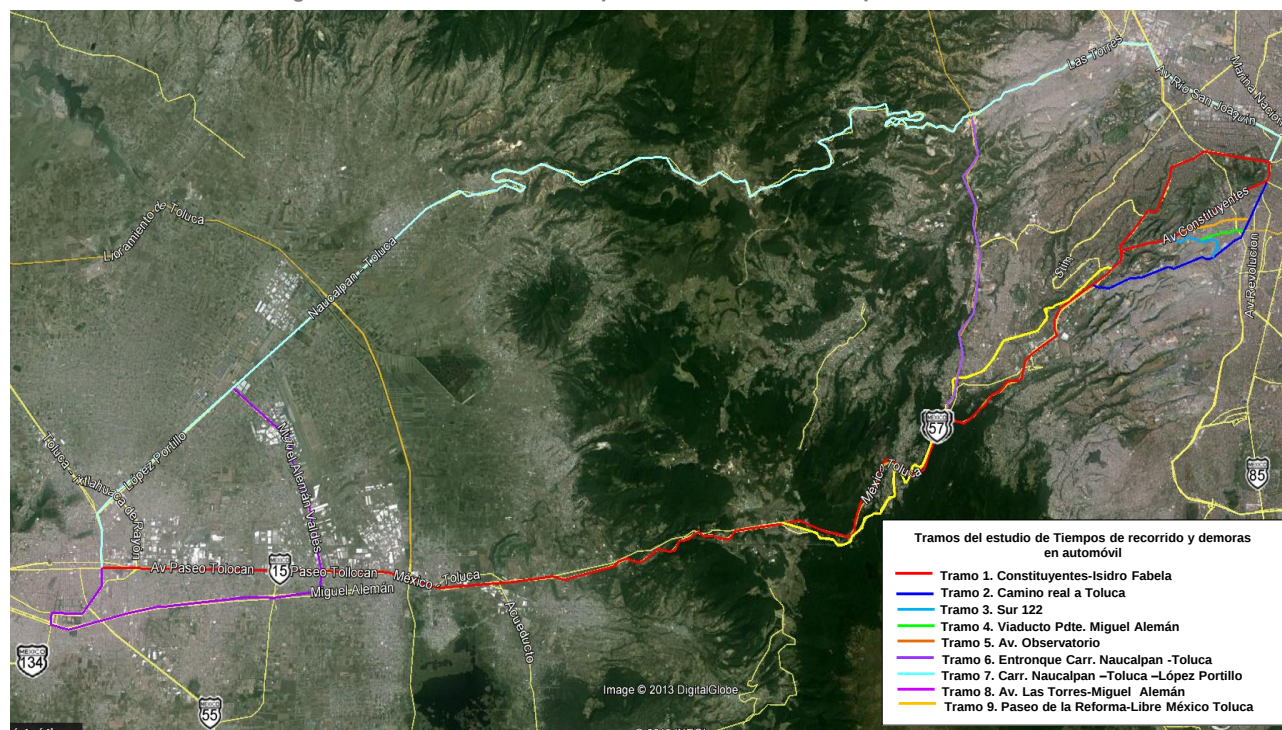
Para determinar el comportamiento del tránsito en tramos de vías importantes dentro del área de estudio se llevó a cabo el estudio de tiempos de recorrido y demoras por el método del vehículo flotante en 200 km de vialidades durante la hora pico matutina y vespertina así como en la hora valle. El estudio se realizó durante ocho días hábiles utilizando equipos GPS en los siguientes tramos de vialidad.

- Constituyentes - Paseo de la Reforma - Autopista México Toluca - Paseo Tollocan hasta Isidro Fabela.
- Camino Real a Toluca.
- Sur 122 - Av. De las Torres hasta Constituyentes.
- Viaducto Pdte. Miguel Alemán (inicio a la altura de Av. Jalisco) - Río Tacubaya - Minas de arena hasta Av. De las Torres.
- Av. Observatorio (metro Tacubaya) hasta Constituyentes
- Entronque Carr. Naucalpan Toluca - Carr. México Toluca hasta el entronque con la Autopista México Toluca (a la altura del camino al desierto de los leones).
- Circuito interior - Casa de la Moneda - 1° de Mayo - Carr. Naucalpan Toluca - Carr. Federal 134 - Av. López Portillo - Filiberto Gómez - Isidro Fabela (hasta José Ma. Morelos y Pavón).
- Isidro Favela - Paseo Tollocan - Paseo Colón - Av. Solidaridad Las Torres - Miguel Alemán Aeropuerto (hasta Av. López Portillo).

Análisis Costo Beneficio del TITV

Inicia en el entronque Paseo de la Reforma y Carr. Libre a Toluca - Carr. Libre a Toluca (hasta el entronque con la Autopista México Toluca).

Figura 2-20. Tramos recorridos para los estudios de tiempos de demoras



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Encuestas

Se llevaron a cabo tres tipos de encuestas:

- Encuestas de interceptación
- Encuestas a bordo
- Encuestas de preferencia declarada

Se aplicaron una serie de encuestas de origen y destino a los usuarios de transporte público urbano, suburbano y foráneo. Así mismo, se encuestó a los usuarios del STC Metro en las estaciones Observatorio, Tacubaya y Cuatro Caminos. A su vez, se aplicaron 1,500 encuestas de origen y destino, en su modalidad de interceptación, a los usuarios que arriban al aeropuerto de Toluca.

En conjunto, se levantaron un total de 5,351 encuestas origen y destino a bordo de las rutas de transporte urbano y suburbano, de las cuales 2,692 fueron aplicadas a los usuarios de las rutas que prestan su servicio en la Ciudad de México y 2,659 en las rutas del Valle de Toluca. Inicialmente se tenía previsto realizar el levantamiento de 1,000

Análisis Costo Beneficio del TITV

encuestas origen y destino a bordo de las unidades de transporte foráneo, pero debido a sus políticas de seguridad y operación no se autorizó este estudio, por lo que se incrementó la muestra de encuestas origen y destino de interceptación en transporte foráneo con 1,029 encuestas en Cuatro Caminos, 1,010 encuestas en la terminal de autobuses poniente y 2,023 encuestas aplicadas en la terminal de autobuses de Toluca siendo un total de 4,062 encuestas de este tipo. Al ser por lo general un número reducido de usuarios que abordan a lo largo del recorrido, se considera que no se ven afectados los resultados.

La encuesta origen y destino de preferencia declarada fue aplicada en las estaciones Observatorio, Tacubaya y Cuatro Caminos del STC Metro con el fin de identificar la predilección y tendencia de los usuarios potenciales hacia una modalidad férrea en el corredor bajo estudio. Para este fin se realizaron 736 encuestas en la estación Observatorio, 623 en la estación Tacubaya y 909 en la estación Cuatro Caminos, sumando un total de 2,268 encuestas en las estaciones del STC Metro.

Finalmente, se realizó el levantamiento de encuestas de preferencia declarada a los automovilistas con el fin de conocer la predilección y tendencia de los usuarios potenciales al tren y que actualmente utilizan el automóvil. Las encuestas de preferencia declarada a automovilistas se realizaron instalando bahías de encuesta en carretera, levantándose 789 encuestas en la Carretera Naucalpan-Toluca (Glorieta de Huixquilucan), 460 en la Avenida López Portillo a la altura del aeropuerto de Toluca, 940 en la Autopista México-Toluca (Caseta La Venta) y 894 en la Carretera Libre México-Toluca (El Contadero). Por su parte las encuestas de preferencia declarada a usuarios de transporte foráneo se aplicaron 1,795 encuestas en la Terminal de Autobuses Poniente (Observatorio) y 989 encuestas en la Terminal de Autobuses de Toluca, mientras que en el Aeropuerto de Toluca se levantaron un total de 811.

El Valle de Toluca dispone de un sistema de transporte público conformado por 317 rutas urbanas y suburbanas. La red de rutas urbanas tiene una longitud total de 2,535 kilómetros mientras que la red de rutas suburbanas se extiende en 1,884 km.

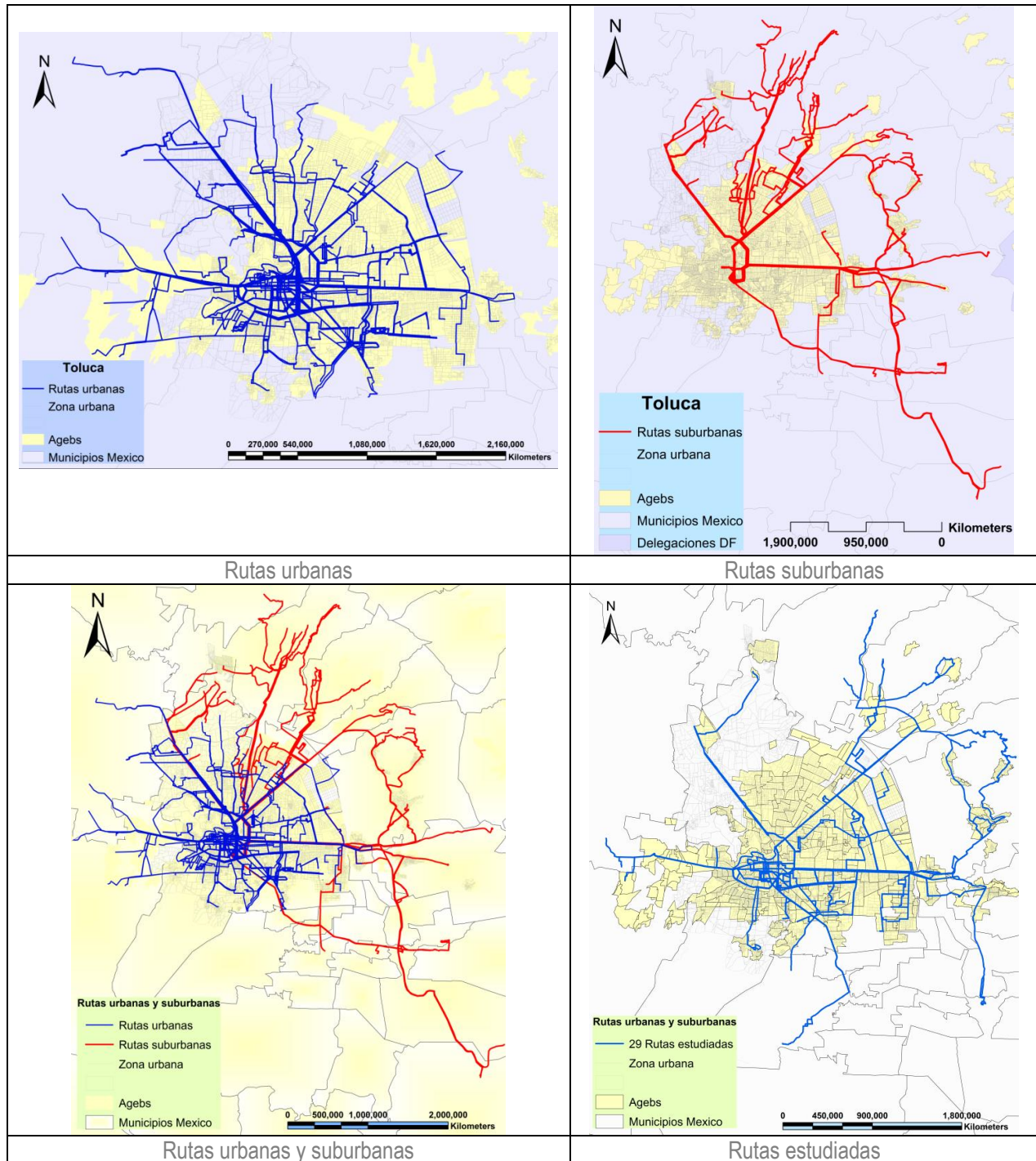
A su vez, el transporte foráneo conecta el Valle de Toluca con el Valle de México y con municipios vecinos del Estado de Michoacán. El transporte foráneo destaca por su importancia en viajes desde el Valle de México hacia Toluca, originándose sus movimientos desde el Centro de Transferencia Modal (CETRAM) de Cuatro Caminos y siguiendo su desplazamiento por la carretera Naucalpan-Toluca así como de la Terminal de Autobuses Poniente ubicada en las cercanías de la estación del metro Observatorio y cuyos movimientos se centran en las carreteras libres y de cuota México-Toluca.

Finalmente, en el Distrito Federal existen aproximadamente 140 ramales de transporte público de un estimado de 1,150 que operan en la ZMVM. Estos ramales se ubican en la zona de influencia del proyecto en las Delegaciones Miguel Hidalgo y Cuajimalpa de Morelos específicamente en Prolongación Paseo de la Reforma, Carretera Fed. México – Toluca a la altura de Palo Alto y Cuajimalpa, Carretera Toluca – Naucalpan en el cruce con Blvd. Manuel Ávila Camacho, en San Rafael Chamapa y El Capulín.

En la siguiente figura se aprecia la red de rutas urbanas, suburbanas en el área de influencia del Valle de Toluca, mientras en las figuras subsecuentes se ilustran las rutas estudiadas en la zona de influencia del DF.

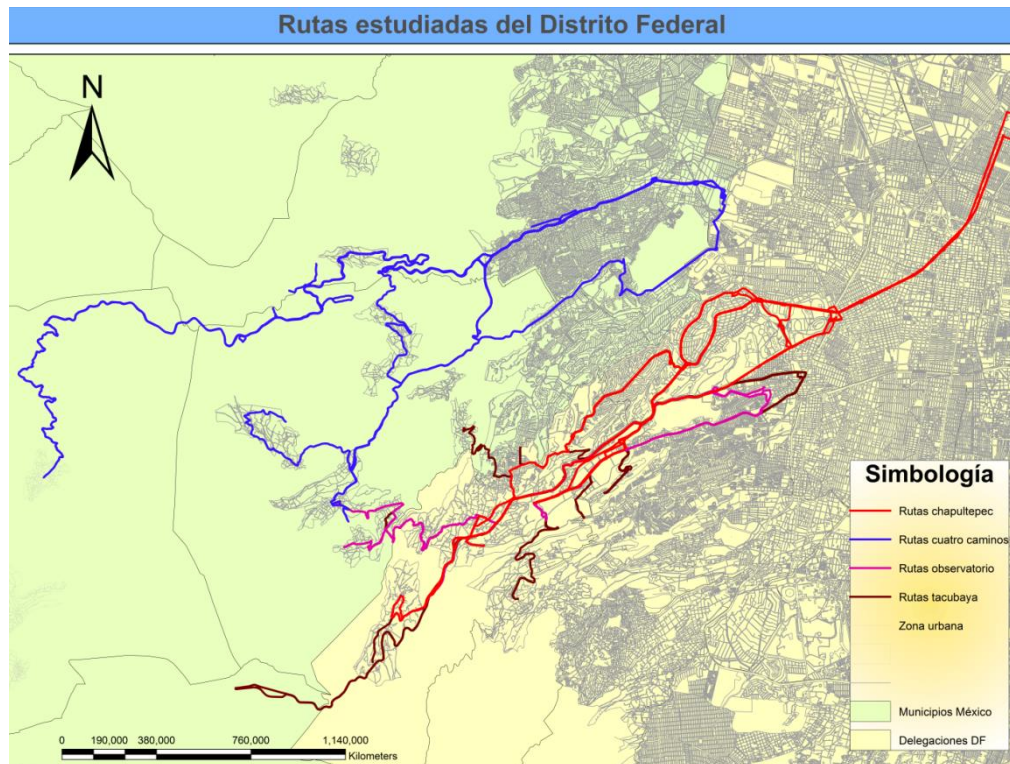
Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-21. Rutas Urbanas y Suburbanas de Toluca



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-22. Rutas estudiadas en la zona de influencia del proyecto en el DF



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

El resumen de los resultados obtenidos en cuanto a la oferta en las rutas bajo estudio muestra que se detectaron 2,560 unidades operando, en su mayoría autobuses (85%) y solo en las rutas que parten del paradero Cuatro Caminos se detectaron: vans, combis o minibuses que en conjunto suman 372 unidades. Vale la pena señalar que un porcentaje no cuantificado dentro de los estudios se puede referir a unidades que operan parcialmente en una ruta y posteriormente prestan su servicio en otra ruta diferente. El bajo número de vueltas registrado, no obstante los tiempos de recorrido, permite considerar una ineficiencia en la utilización del parque vehicular, toda vez que en las rutas con terminal en el poniente de la Ciudad de México estarían en la posibilidad de realizar entre 4.9 y 7.2 vueltas por día, cuando en la realidad se están realizando entre 1.1 y 1.5 vueltas; en la ZMVT se realizan en promedio 1.5 vueltas, teniendo un potencial de 5.3 vueltas en promedio. Finalmente, el transporte foráneo realiza 2.1 vueltas de las 4.4 posibles en un periodo de 16 horas de servicio.

Los intervalos promedio se ubican en rangos correspondientes a servicios periféricos y solo en 13 de las 61 rutas este intervalo presenta características urbanas (5 min o menos). Resulta interesante observar los intervalos logrados en Toluca, donde pese a sus características urbanas, se presentan intervalos promedio a la HMD (hora pico) del orden de los 11 minutos.

Los resultados obtenidos para caracterizar la operación de la Red de Transporte Público considerada en el estudio se muestran en las tablas siguientes:

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-5. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas analizadas (Chapultepec y Cuatro caminos)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	TIEMPO DE RECORRIDO [MIN]			TIEMPO DE TERMINAL [MIN]		TIEMPO DE CICLO [MIN]	LONGITUD RUTA [KM]			VELOCIDAD [KM/H]	
			Centro-Periferia	Periferia-Centro	Pasajero	Externo	CETRAM		Centro-Periferia	Periferia-Centro	Total	Operación	Comercial
Chapultepec	Cuajimalpa-Contadero-Yaqui	Ruta 76	81	64	46	14	6	165	22.1	22.2	44.3	18.6	16.1
Chapultepec	La Villa por Palmas - Santa Fe	RTP	89	82	36	10	34	215	26.1	24.8	50.9	17.9	14.2
Chapultepec	Cuajimalpa - Contadero - Yaqui	Ruta 114 Monte de las Cruces	90	87	47	6	5	188	21.5	21.1	42.6	14.4	13.6
Chapultepec	La Villa - Santa Fe	Corredor Bicentenario	88	111	47	5	7	211	24.4	24.2	48.6	14.9	13.8
		SUMA							94.1	92.3	186.4		
		PROMEDIO	87	86	44	9	13	195	23.5	23.1	46.6	16.4	14.4
Cuatro Caminos	Toreo - Maguallera	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	48	46	72	6	5	105	23.7	23.5	47.2	30.1	27.0
Cuatro Caminos	Toreo - Chimalpa - Hielo Cumbres	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV											
Cuatro Caminos	Toreo - Calzada Guadalupe	Cuartos Capulin y Ramales, SAdCV	45	38	35	3	4	90	26.1	24.2	50.3	36.5	33.5
Cuatro Caminos	Toreo - Xochimilco	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	24	29	36	14	12	79	8.3	8.0	16.3	18.7	12.4
Cuatro Caminos	Toreo - Huixquilucan	Transportes Colectivos Ruta 85	83	98	82	9	8	198	46.5	46.5	93.0	31.0	28.2
Cuatro Caminos	Toreo - Huixquilucan	Asociación de Propietarios de Autotransporte	75	83	41	5	8	171	23.6	25.2	48.8	18.5	17.1
Cuatro Caminos	Toreo - Huixquilucan	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	79	83	33	8	12	182	30.3	30.1	60.4	22.4	19.9
Cuatro Caminos	Viga - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	43	46	68	6	4	99	26.2	26.3	52.5	35.4	31.8
Cuatro Caminos	Chimalpa - Cuatro Caminos	Propietarios Asociados Huixquilucan	44	48	36	11	6	109	23.3	23.3	46.6	30.4	25.7
Cuatro Caminos	Toreo - Santa Cruz	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	83	88	68	12	17	200	29.9	29.1	59.0	20.7	17.7
Cuatro Caminos	Toreo - Chimalpa Guardia	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	43	48	45	6	6	103	27.2	27.2	54.4	36.0	31.7
		SUMA							265.1	263.4	528.5		
		PROMEDIO	57	61	52	8	8	134	26.5	26.3	52.9	28.0	24.5

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-6. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas analizadas (Observatorio y Tacubaya)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	TIEMPO DE RECORRIDO [MIN]			TIEMPO DE TERMINAL [MIN]		TIEMPO DE CICLO [MIN]	LONGITUD RUTA [KM]			VELOCIDAD [KM/H]	
			Centro-Periferia	Periferia-Centro	Pasajero	Externo	CETRAM		Centro-Periferia	Periferia-Centro	Total	Operación	Comercial
Observatorio	Observatorio - San Juan Chimalpa	Monte de las Cruces, SAdCV	74	71	47	7	10	162	21.9	22.4	44.3	18.3	16.4
Observatorio	Observatorio - Santa Fe	Ruta 5	44	40	40	3	5	92	11.2	10.9	22.1	15.8	14.4
Observatorio	Observatorio - Acapulco	Monte de las Cruces, SAdCV	58	53	49	12	20	143	19.5	18.9	38.4	20.8	16.1
Observatorio	Observatorio - Huixquilucan	Monte de las Cruces, SAdCV	88	85	49	6	5	184	23.9	24.5	48.4	16.8	15.8
		SUMA							76.5	76.7	153.2		
		PROMEDIO	66	62	46	7	10	145	19.1	19.2	38.3	17.9	15.7
Tacubaya	Tacubaya - La Marquesa	Ruta 4	82	83	57	24	12	201	29.0	28.3	57.3	20.8	17.1
Tacubaya	Tacubaya - Santa Fe	Ruta 5	52	44	67	2	7	105	10.8	10.3	21.1	13.3	12.1
Tacubaya	Tacubaya - Acapulco	Ruta 4	80	54	44	38	35	207	21.3	20.3	41.6	19.3	12.1
Tacubaya	Tacubaya - Acapulco	RTP	80	50	38	45	19	194	21.5	20.3	41.8	20.2	12.9
Tacubaya	Tacubaya - Navidad	Ruta 4	57	46	48	12	22	137	14.3	12.7	27.0	15.8	11.8
Tacubaya	Tacubaya - Santa Fe - La Loma	Ruta 5	42	38	35	13	18	111	9.8	9.9	19.7	14.8	10.6
Tacubaya	Tacubaya - Chimalpa	RTP	69	64	40	9	11	153	18.9	19.0	37.9	17.1	14.9
Tacubaya	Tacubaya - Santa Rosa	Ruta 5	69	70	43	9	12	160	18.4	18.1	36.5	15.8	13.7
Tacubaya	Tacubaya - Huixquilucan	Ruta 4	84	82	52	7	4	177	25.2	26.0	51.2	18.5	17.4
Tacubaya	Tacubaya - Piedras por Bosques	RTP	59	53	43	31	13	156	18.6	16.9	35.5	19.0	13.7
Tacubaya	Tacubaya - La Pila	RTP	57	71	49	15	18	161	22.4	21.2	43.6	20.7	16.2
Tacubaya	Tacubaya-Santiago	Ruta 4	62	63	67	7	6	138	18.4	18.0	36.4	17.5	15.8
Tacubaya	Tacubaya - Santa Fe Coral	Ruta 5	54	56	31	4	10	124	12.0	11.9	23.9	13.0	11.6
Tacubaya	Tacubaya - Santa Fe - Coral - Sheraton - 3M	Ruta 5	49	51	37	4	6	110	10.8	10.8	21.6	13.0	11.8
		SUMA							251.4	243.7	495.1		
		PROMEDIO	64	59	47	16	14	152	18.0	17.4	35.4	17.1	13.7

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-7. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas analizadas (Toluca)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	TIEMPO DE RECORRIDO [MIN]			TIEMPO DE TERMINAL [MIN]		TIEMPO DE CICLO [MIN]	LONGITUD RUTA [KM]			VELOCIDAD [KM/H]	
			Centro- Periferia	Periferia- Centro	Pasajero	Externo	CETRAM		Centro- Periferia	Periferia- Centro	Total	Operación	Comercial
Toluca	Metepec - Aeropuerto	Atsuzi		222	64		6	228			55.3	14.9	14.6
Toluca	Arbol - Metepec	Atsuzi	81	81	50	6	7	175	25.4	27.0	52.4	19.4	18.0
Toluca	El Cerrillo - Toluca	Atsuzi	67	97	35	12	3	179	20.7	26.6	47.3	17.5	15.9
Toluca	Bldv. Toluca - Metepec	TEO	58	52	28	17	3	130	14.4	14.4	28.8	15.8	13.3
Toluca	Oyamel - Terminal	Transportes crucero	96	86	29	19	8	209	31.9	32.6	64.5	21.3	18.5
Toluca	Lerma - Zinacantan- Carbajal	Zinabus	110	119	49	15	12	256	41.7	40.0	81.7	21.5	19.1
	Metepec - Santa Maria - Nativitas- Almoloya	Autotransportes Colón Nacional											
Toluca	Av. Las Torres San Lorenzo - Huixtlaipan	Autobuses Estrella del Noreste SAdCV	48	107	22	26	2	183	12.8	26.4	39.2	15.4	12.9
Toluca			108	108	43	14	3	233	39.5	42.0	81.5	22.6	21.0
	Santiago Tianguistenco de Galeana - Terminal Toluca	Autransportes Estrella del Noreste SAdCV											
Toluca			97	90	45	21	32	240	34.1	32.3	66.4	21.3	16.6
	Terminal Toluca - Villa Sn Pedro - Sn Lorenzo	Flecha de Oro											
Toluca			119	103	53	8	6	236	34.0	34.0	68.0	18.5	17.3
	Terminal Toluca - Santa Maria Lerma	Autransportes Estrella del Noreste SAdCV											
Toluca			83	87	63	9	2	181	37.4	34.6	72.0	25.4	23.9
Toluca	Terminal Toluca - La Huerta	ATR	63	60	40	23	9	155	21.9	21.3	43.2	21.1	16.7
	Terminal Toluca - Xonacatlan - Sta. Maria	Bicentenario											
Toluca			64	81	68	5	3	153	29.0	28.6	57.6	24.2	22.6
	Terminal Toluca - Lerma - San Mateo Atarazquillo	Bicentenario											
Toluca				149	68	7		156			51.7	20.8	19.9
	Toluca - La Unidad - Sn. Mateo Atenco	Intermetropolitano											
Toluca			88	92	44	8	3	191	27.0	26.3	53.3	17.8	16.7
Toluca	Terminal Toluca - Metepec	TEO	46	44	27	14	11	115	12.8	12.4	25.2	16.8	13.1
	Terminal Toluca - Central de abastos	Ala de Oro											
Toluca			55	70	38	6	2	133	20.2	22.6	42.8	20.7	19.3
	San Antonio Acahualco - Sn Pedro Tultepec	Valle de Toluca											
Toluca			82	88	53	19	13	202	32.5	32.9	65.4	23.1	19.4
Toluca	Terminal Toluca - Villa	Flecha de Oro	86	99	54	10	2	197	29.5	30.5	60.0	19.5	18.3
Toluca	Las Torres - Tlachaloya	Corsarios del Norte SAdCV	62	65	53	13	7	147	28.7	30.2	58.9	27.8	24.0
	Toluca - Ocoyoacac - San Pedro Tultepec	Autransportes Estrella del Noreste SAdCV											
Toluca			69	65	49	15	9	158	23.2	22.6	45.8	20.5	17.4
Toluca	San Jose La Pila - CU	Autotransportes Adolfo Lopez Mateos SAdCV	54	47	25	9	3	113	15.0	15.6	30.6	18.3	16.2
	San Juan Tilapa - Cristo Rey - San Gaspar Tlahuallipán	Compañía Transportista de Toluca SAdCV											
Toluca			98	111	53	22	14	245	30.4	27.4	57.8	16.7	14.2
Toluca	Centro Toluca - San Jose La Pila	Colón Nacional	53	38	32	3	2	96	11.4	13.2	24.6	16.9	15.4
	CBTis, Las Palomas, ISSSTE, HIPICO x Torres	RED TP											
Toluca			77	80	38	25	23	205	21.7	24.6	46.3	17.7	13.6
Toluca	Lerma-Cañada	Zinabus	90	92	51	12	13	207	33.8	33.4	67.2	22.2	19.5
	Terminal Toluca - Santa Ana Jilotingo	Flecha de Oro											
Toluca			106	104	49	6	8	224	37.8	34.4	72.2	20.6	19.3
	Terminal Toluca - Xona - Concepción Hidalgo	Autotransportes Cuatro Caminos											
Toluca			92	100	59	14	16	222	37.6	37.7	75.3	23.6	20.4
Toluca	Sierra Morelos-Terminal	RED TP		88	35		12	100			24.3	16.6	14.6
		SUMA							704.4	723.6	1,559.3		
		PROMEDIO	79	91	45	13	8	182	27.1	27.8	53.8	19.9	17.6

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-8. Datos de la oferta de servicios (Chapultepec y Cuatro Caminos)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	INTERVALO HMD [min/veh]		CANTIDAD DE VUELTAS			TIPO DE UNIDAD				NUMERO DE UNIDADES OPERANDO [unidades]
			Centro-Periferia	Periferia-Centro	HMD	Diarias	Por unidad	Eurovan	Combi	Microbús	Autobús	
Chapultepec	Cuajimalpa-Contadero-Yaqui	Ruta 76	14	19	13	33	1.1				29	29
	La Villa por Palmas - Santa Fe	RTP	12	15	15	28	1.8				16	16
	Cuajimalpa - Contadero - Yaqui	Ruta 114 Monte de las Cruces	6	7	17	55	1.5				36	36
	La Villa - Santa Fe	Corredor Bicentenario	7	8	12	38	1.0				39	39
		SUMA				154					120	120
		PROMEDIO	10	12	14	39	1.3					30
Cuatro Caminos	Toreo - Maguallera	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	2	5	20	49	0.7	68				68
	Toreo - Chimalpa - Hielo Cumbres	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	11	12	15	52	1.3	39				39
	Toreo - Calzada Guadalupe	Cuartos Capulin y Ramales, SAdCV	3	6	33	64	2.1		30			30
	Toreo - Xochicuautla	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	11	10	9	68	3.0				23	23
	Toreo - Huixquilucan	Transportes Colectivos Ruta 85	8	7	29	69	1.2			57		57
	Toreo - Huixquilucan	Asociación de Propietarios de Autotransporte	5	6	21	66	0.9				75	75
	Viga - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	2	5	33	67	0.8	80				80
	Chimalpa - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	17	10	22	45	0.8	57				57
	Toreo - Santa Cruz	Propietarios Asociados Huixquilucan	20	19	11	52	2.4				22	22
	Toreo - Chimalpa Guardia	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	2	6	17	31	0.8	41				41
		SUMA				563					492	492
		PROMEDIO	8	9	21	56	1.1					49

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-9. Datos de la oferta de servicios (Observatorio-Tacubaya)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	INTERVALO HMD [min/veh]		CANTIDAD DE VUELTAS			TIPO DE UNIDAD				NUMERO DE UNIDADES OPERANDO [unidades]
			Centro-Periferia	Periferia-Centro	HMD	Diarias	Por unidad	Eurovan	Combi	Microbús	Autobús	
Observatorio	Observatorio - San Juan Chimalpa	Monte de las Cruces, SdCV	10	16	7	33	2.1				16	16
	Observatorio - Santa Fe	Ruta 5	8	10	17	65	1.5				44	44
	Observatorio - Acapulco	Monte de las Cruces, SdCV	13	12	10	26	1.1				23	23
	Observatorio - Huixquilucan	Monte de las Cruces, SdCV	10	12	7	32	1.5				21	21
	SUMA					156					104	104
	PROMEDIO		10	13	10	39	1.5					26
Tacubaya	Tacubaya - La Marquesa	Ruta 4	15	20	7	45	2.5				18	18
	Tacubaya - Santa Fe	Ruta 5	5	3	32	119	1.5				79	79
	Tacubaya - Acapulco	Ruta 4	40	30	3	35	2.3				15	15
	Tacubaya - Acapulco	RTP	46	42	4	25	1.9				13	13
	Tacubaya - Navidad	Ruta 4	5	6	26	53	1.3				40	40
	Tacubaya - Santa Fe - La Loma	Ruta 5	7	6	31	64	1.7				38	38
	Tacubaya - Chimalpa	RTP	10	16	4	29	2.4				12	12
	Tacubaya - Santa Rosa	Ruta 5	3	6	11	32	1.2				27	27
	Tacubaya - Huixquilucan	Ruta 4	7	8	16	47	1.1				41	41
	Tacubaya - Piedras por Bosques	RTP	11	25	6	34	1.6				21	21
	Tacubaya - La Pila	RTP	42	44	4	28	2.0				14	14
	Tacubaya-Santiago	Ruta 4	5	8	10	22	0.7				32	32
	Tacubaya - Santa Fe Coral	Ruta 5	8	11	15	56	1.1				52	52
	Tacubaya - San ta Fe - Coral - Sheraton - 3M	Ruta 5										
			6	8	18	53	1.4				38	38
	SUMA					642					440	440
	PROMEDIO		15	17	13	46	1.5					31

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-10. Datos de la oferta de servicio (Toluca)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	INTERVALO HMD [min/veh]		CANTIDAD DE VUELTAS			TIPO DE UNIDAD				NUMERO DE UNIDADES OPERANDO [unidades]
			Centro-Periferia	Periferia-Centro	HMD	Diarias	Por unidad	Eurovan	Combi	Microbús	Autobús	
Toluca	Metepec - Aeropuerto	Atsuzi		10	13	43	1.0				41	41
	Arbol - Metepec	Atsuzi	12	5	16	69	1.1				63	63
	El Cerrillo - Toluca	Atsuzi	3	10	12	40	1.4				29	29
	Blvd. Toluca - Metepec	TEO	12	15	13	26	1.3				20	20
	Oyamel - Terminal	Transportes crucero	9	11	9	39	0.8				46	46
	Lerma - Zinacantan - Carbajal	Zinabus	6	6	11	63	1.1				56	56
	Metepec - Santa María - Nativitas - Almoloya	Autotransportes Colón Nacional	18	17	5	21	1.4				15	15
	Av. Las Torres San Lorenzo - Huixtla	Autobuses Estrella del Noreste SdCV	19	6	10	42	1.4				29	29
	Santiago Tiaguistenco de Galeana - Terminal Toluca	Autotransportes Estrella del Noreste SdCV	4	6	20	80	1.0				82	82
	Terminal Toluca - Villa Sn Pedro - Sn Lorenzo	Flacha de Oro	26	13	4	34	3.1				11	11
	Terminal Toluca - Santa María Lerma	Autotransportes Estrella del Noreste SdCV	8	7	12	45	1.1				41	41
	Terminal Toluca - La Huerta	ATR	15	12	8	35	1.3				27	27
	Terminal Toluca - Xonacatlan - Sta. María	Bicentenario	9	8	17	46	2.3				20	20
	Terminal Toluca - Lerma - San Mateo Atarazquillo	Bicentenario		7	15	58	1.9				31	31
	Toluca - La Unidad - Sn. Mateo Atenco	Intermetropolitano	2	9	7	39	1.4				28	28
	Terminal Toluca - Metepec	TEO	9	9	12	40	1.6				25	25
	Terminal Toluca - Central de abastos	Ala de Oro	12	9	10	33	1.1				30	30
	San Antonio Acahualco - Sn Pedro Tultepec	Valle de Toluca	7	8	14	49	1.6				31	31
	Terminal Toluca - Villa Las Torres - Tlachaloya	Flacha de Oro	11	10	12	38	1.4				28	28
	Toluca - Ocoyoacac - San Pedro Tultepec	Corsarios del Norte SdCV	12	11	12	42	2.5				17	17
	San Jose La Pila - CU	Autotransportes Adolfo Lopez Mateos SdCV	9	23	11	32	1.0				33	33
	San Juan Tilapa - Cristo Rey - San Gaspar Tlahuallilpan	Compañía Transportista de Toluca SdCV	5	4	21	81	1.8				44	44
	Centro Toluca - San Jose La Pila	Colon Nacional	6	4	23	78	1.2				64	64
	CBTis, Las Palomas, ISSSTE, HIPICO x Torres	RED TP	9	10	12	47	1.8				26	26
	Lerma-Cañada	Zinabus	17	11	7	41	2.9				14	14
	Terminal Toluca - Santa Ana Jilotzingo	Flacha de Oro	25	34	4	38	4.8				8	8
	Terminal Toluca - Xona - Concepción Hidalgo	Autotransportes Cuatro Caminos	15	10	5	51	3.6				14	14
	Sierra Morelos-Terminal	RED TP		5	25	76	2.2				35	35
	SUMA					1379					947	947
	PROMEDIO		11	10	12	48	1.5					33

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-11. Datos de la oferta de servicio (Foráneo-Cuatro Caminos, Foráneo -Observatorio)

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	INTERVALO HMD [min/veh]		CANTIDAD DE VUELTAS			TIPO DE UNIDAD				NUMERO DE UNIDADES OPERANDO [unidades]
			Centro-Periferia	Periferia-Centro	HMD	Diarias	Por unidad	Eurovan	Combi	Microbús	Autobús	
Foráneo-Cuatro Caminos	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Flecha Roja Naucalpan	17	9	8	138	2.5				56	56
	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Autotransportes Toluca - Cuatro Caminos SAdCV	19	10	7	125	2.3				54	54
	Cuatro Caminos - Temoaya	Autotransportes mixtos Naucalpan - Toluca	8	7	7	118	3.3				36	36
	Cuatro Caminos - Xonacatlán	Autotransporte de la Montaña	10	10	6	82	2.1				39	39
	Terminal Observatorio - La Marquesa	Autotransportes el Águila	5	9	10	41	2.4				17	17
Foráneo-Observatorio	Terminal Observatorio - Toluca hasta las torres	Flecha Roja	15	22	6	85	2.0				42	42
	Terminal Observatorio - San Mateo Atenco	Flecha Roja	10	12	7	98	2.3				43	43
	Terminal Observatorio - Toluca Ordinario	Flecha Roja	10	15	6	85	2.1				40	40
	Terminal Observatorio - Plazas Outlet por la libre	Autotransportes el Águila	15	10	8	52	1.5				34	34
	Terminal Observatorio - Toluca por la Libre	Flecha Roja	15	14	6	53	1.5				35	35
	Terminal Observatorio - Toluca	Caminante- Turismo y Autobuses México Toluca Triángulo Flecha SAdCV	10	12	7	69	1.1				61	61
	SUMA					946					457	457
	PROMEDIO		12	12	7	86	2.1					42

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-12. Datos de la oferta de servicio (Foráneo – Cuatro Caminos – Observatorio)

BANDERA	EMPRESA	INTERVALO HMD [min/veh]		CANTIDAD DE VUELTAS			TIPO DE UNIDAD				NUMERO DE UNIDADES OPERANDO [unidades]
		Centro-Periferia	Periferia-Centro	HMD	Diarias	Por unidad	Eurovan	Combi	Microbús	Autobús	
Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Flecha Roja Naucalpan	7	9	8	276	4.9				56	56
Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Autotransportes Toluca - Cuatro Caminos SAdCV	8	10	7	250	4.6				54	54
Cuatro Caminos - Temoaya	Autotransportes mixtos Naucalpan - Toluca	8	7	7	236	6.6				36	36
Cuatro Caminos - Xonacatlán	Autotransporte de la Montaña	10	10	6	164	4.2				39	39
Terminal Observatorio - La Marquesa	Autotransportes el Águila	6	9	10	82	4.8				17	17
Terminal Observatorio - Toluca hasta las torres	Flecha Roja	10	22	6	170	4.0				42	42
Terminal Observatorio - San Mateo Atenco	Flecha Roja	9	12	7	196	4.6				43	43
Terminal Observatorio - Toluca Ordinario	Flecha Roja	10	15	6	170	4.3				40	40
Terminal Observatorio - Plazas Outlet por la libre	Autotransportes el Águila	10	10	6	104	3.1				34	34
Terminal Observatorio - Toluca por la Libre	Flecha Roja	15	14	4	106	3.0				35	35
Terminal Observatorio - Toluca	Caminante- Turismo y Autobuses México Toluca Triángulo Flecha SAdCV	10	12	5	138	2.3				61	61
SUMA					1892					457	457
PROMEDIO		9	12	7	172	4.1					42

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Las rutas analizadas en conjunto representan una longitud (en ambos sentidos) de 4,096 kilómetros de red de transporte en servicio, cubriendo la mayor parte de la zona en el área de influencia del corredor.

Finalmente, el siguiente cuadro muestra los datos e indicadores de demanda correspondientes a las 72 rutas estudiadas. En él se muestran las estimaciones de las demandas diarias logradas a nivel de cada ruta, las captaciones esperadas, el índice de rotación así como los ascensos promedio obtenidos por vuelta y los factores de carga.

Análisis Costo Beneficio del TITV

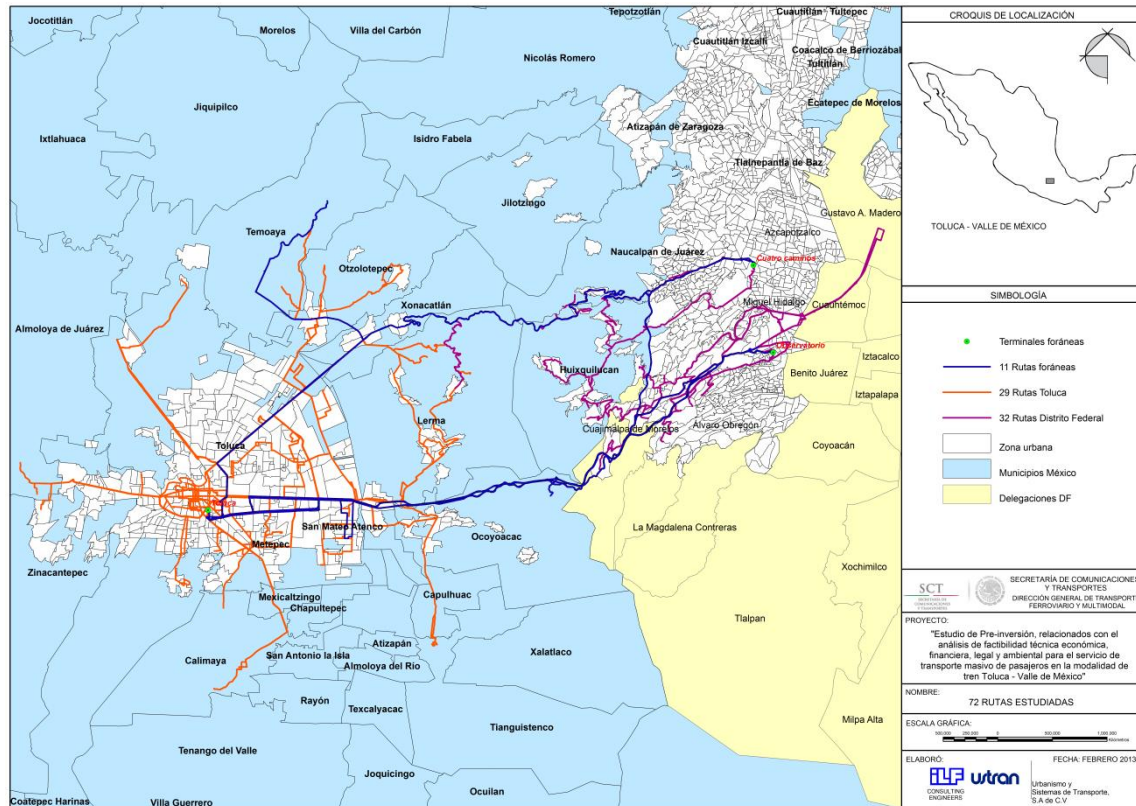
Tabla 2-13. Indicadores de la red de transporte estudiada

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	DEMANDA DIARIA [pas/día]	CAPTACIÓN [viajes-personal]		ROTACIÓN	ASCENSOS POR VUELTA	FACTOR DE CARGA
				Por unidad	Por kilómetro			
Chapultepec	Quajimalpa-Contadero-Yaqui	Ruta 76	3,696	127.4	1.3	0.8	56	0.4
	La Villa por Palmas - Santa Fe	RTP	4,104	256.5	1.4	1.4	72	0.4
	Quajimalpa - Contadero - Yaqui	Ruta 114 Monte de las Cruces	8,360	232.2	1.8	0.6	76	0.7
	La Villa - Santa Fe	Corredor Bicentenario	5,986	153.5	1.7	1.1	82	0.5
	SUMA		22,146					
Cuatro Caminos		PROMEDIO	5,537	192.4	1.5	1.0	72	0.5
	Toreo - Maguallera	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	1,536	22.6	0.3	0.3	16	1.2
	Toreo - Chimalpa - Hielo Cumbres	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	1,140	29.2	0.3	0.3	15	0.6
	Toreo - Calzada Guadalupe	Cuartos Capulin y Rames, SAdCV	1,572	52.4	1.0	0.2	12	1.0
	Toreo - Xochicuautla	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	988	43.0	0.3	0.2	26	0.3
	Toreo - Huixquilucan	Transportes Colectivos Ruta 85	7,203	126.4	1.0	0.6	49	0.9
	Toreo - Huixquilucan	Asociación de Propietarios de Autotransporte	8,820	117.6	0.9	0.8	63	0.5
	Viga - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	1,875	23.4	0.3	0.3	15	1.2
	Chimalpa - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	1,620	28.4	0.4	0.3	18	0.7
	Toreo - Santa Cruz	Propietarios Asociados Huixquilucan	1,976	89.8	0.9	0.2	52	0.6
	Toreo - Chimalpa Guarda	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	780	19.0	0.3	0.4	15	0.6
	SUMA		27,510					
Observatorio		PROMEDIO	2,751	55.2	0.6	0.3	28	0.8
	Observatorio - San Juan Chimalpa	Monte de las Cruces, SAdCV	2,438	152.4	1.2	0.5	53	0.5
	Observatorio - Santa Fe	Ruta 5	7,645	173.8	2.5	0.3	55	0.6
	Observatorio - Acopilco	Monte de las Cruces, SAdCV	3,264	141.9	1.3	0.5	51	0.5
	Observatorio - Huixquilucan	Monte de las Cruces, SAdCV	3,744	178.3	1.6	1.4	78	0.5
Tacubaya		SUMA	17,091					
		PROMEDIO	4,273	161.6	1.7	0.7	59	0.5
	Tacubaya - La Marquesa	Ruta 4	8,370	465.0	1.6	0.9	93	0.7
	Tacubaya - Santa Fe	Ruta 5	9,758	123.5	1.9	0.4	41	0.4
	Tacubaya - Acopilco	Ruta 4	4,340	289.3	1.5	0.7	62	0.5
	Tacubaya - Acopilco	RTP	3,300	253.8	1.6	0.8	66	0.5
	Tacubaya - Navidad	Ruta 4	6,254	156.4	2.2	0.2	59	0.7
	Tacubaya - Santa Fe - La Loma	Ruta 5	6,144	161.7	2.4	0.5	48	0.5
	Tacubaya - Chimalpa	RTP	4,930	410.8	2.2	0.6	85	0.7
	Tacubaya - Santa Rosa	Ruta 5	5,184	192.0	2.2	0.8	81	0.6
	Tacubaya - Huixquilucan	Ruta 4	8,742	213.2	1.8	0.9	93	0.7
	Tacubaya - Piedras por Bosques	RTP	4,828	229.9	2.0	0.6	71	0.6
	Tacubaya - La Pila	RTP	4,816	344.0	2.0	0.8	86	0.7
	Tacubaya-Santiago	Ruta 4	2,948	92.1	1.8	0.6	67	0.6
	Tacubaya - Santa Fe Coral	Ruta 5	6,384	122.8	2.4	0.5	57	0.5
	Tacubaya - Santa Fe - Coral - Sheraton - 3M	Ruta 5	5,194	136.7	2.3	0.4	49	0.5
	SUMA		81,192					
		PROMEDIO	5,799	227.9	2.0	0.6	68	0.6
Toluca	Metepec - Aeropuerto	Atsuzi	8,170	199.3	1.7	3.5	95	0.3
	Arbol - Metepec	Atsuzi	7,590	120.5	1.0	1.1	55	0.4
	El Cerrillo - Toluca	Atsuzi	4,480	154.5	1.2	1.8	56	0.3
	Bld. Toluca - Metepec	TEO	2,132	106.6	1.4	1.3	41	0.3
	Oyamel - Terminal	Transportes crucero	4,836	105.1	1.0	0.8	62	0.5
	Lerma - Zinacantan- Carbajal	Zinabus	12,852	229.5	1.2	1.6	102	0.6
	Metepec - Santa María - Natvitas- Almoloya	Autotransportes Colón Nacional	2,478	165.2	1.5	1.5	59	0.3
	Av. Las Torres San Lorenzo - Huixquilpan	Autobuses Estrella del Noreste SAdCV	3,276	113.0	0.5	0.9	39	0.3
	Santiago Tianguistenco de Galeana - Terminal Toluca	Autotransportes Estrella del Noreste SAdCV	7,840	95.6	0.7	0.8	49	0.4
	Terminal Toluca - Villa Sn Pedro - Sn Lorenzo	Flecha de Oro	3,468	315.3	0.8	1.0	51	0.4
	Terminal Toluca - Santa María Lerma	Autotransportes Estrella del Noreste SAdCV	4,860	118.5	0.8	0.8	54	0.4
	Terminal Toluca - La Huerta	ATR	1,890	70.0	0.6	0.7	27	0.2
	Terminal Toluca - Xonacatlán - Sta. María	Bicentenario	3,772	188.6	0.7	0.4	41	0.4
	Terminal Toluca - Lerma - San Mateo Atarascillo	Bicentenario	9,396	303.1	1.6	2.4	81	0.3
	Toluca - La Unidad - Sn. Mateo Atenco	Intermetropolitano	3,042	108.6	0.7	0.4	39	0.4
	Terminal Toluca - Metepec	TEO	1,600	64.0	0.8	0.5	20	0.2
	Terminal Toluca - Central de abastos	Ala de Oro	3,168	105.6	1.1	0.9	48	0.4
	San Antonio Acahualco - Sn Pedro Tultepec	Valle de Toluca	4,802	154.9	0.7	0.6	49	0.4
	Terminal Toluca - Villa	Flecha de Oro	4,560	162.9	1.0	1.2	60	0.4
	Las Torres - Tlachaloya	Corsarios del Norte SAdCV	3,780	222.4	0.8	0.5	45	0.4
	Toluca - Ocoyoacac - San Pedro Tultepec	Autotransportes Estrella del Noreste SAdCV	1,664	50.4	0.6	0.7	26	0.2
	San Jose La Pila - CU	Autotransportes Adolfo Lopez Mateos SAdCV	4,536	103.1	0.9	0.6	28	0.3
	San Juan Tilapa - Cristo Rey - San Gaspar Tlahuallipán	Compañía Transportista de Toluca SAdCV	6,360	163.1	1.0	0.5	60	0.6
	Centro Toluca - San Jose La Pila	Colón Nacional	3,588	56.1	0.9	0.4	23	0.2
	CBTIS, Las Palomas, ISSSTE, HIPICO x Torres	RED TP	3,772	137.4	0.8	1.2	38	0.2
	Lerma-Cañada	Zinabus	3,772	269.4	0.7	0.4	46	0.5
	Terminal Toluca - Santa Ana Jilotzingo	Flecha de Oro	2,812	351.5	0.5	0.5	37	0.3
	Terminal Toluca - Xona - Concepción Hidalgo	Autotransportes Cuatro Caminos	4,794	342.4	0.6	0.9	47	0.4
	Sierra Morelos-Terminal	RED TP	9,880	282.3	2.7	2.1	65	0.3
	SUMA		138,970					
		PROMEDIO	4,792	167.5	1.0	1.0	50	0.3
Foráneo-Cuatro Caminos	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Flecha Roja Naucalpan	13,800	246.4	0.4	1.1	50	0.6
	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Autotransportes Toluca - Cuatro Caminos SAdCV	14,000	259.3	0.4	1.4	56	0.6
	Cuatro Caminos - Temoaya	Autotransportes mixtos Naucalpan - Toluca	15,104	419.6	0.5	1.7	64	0.6
	Cuatro Caminos - Xonacatlán	Autotransporte de la Montaña	11,480	294.4	0.7	1.4	70	0.7
Foráneo-Observatorio	Terminal Observatorio - La Marquesa	Autotransportes el Águila	6,396	376.2	1.4	2.0	78	0.6
	Terminal Observatorio - Toluca hasta las torres	Flecha Roja	14,280	340.0	0.9	1.5	84	0.8
	Terminal Observatorio - San Mateo Atenco	Flecha Roja	13,720	319.1	0.8	1.1	70	0.8
	Terminal Observatorio - Toluca Ordinario	Flecha Roja	13,940	348.5	0.7	1.5	82	0.8
	Terminal Observatorio - Plazas Outlet por la libre	Autotransportes el Águila	8,944	263.1	1.1	2.9	86	0.5
	Terminal Observatorio - Toluca por la Libre	Flecha Roja	8,480	242.3	0.7	4.0	80	0.4
	Terminal Observatorio - Toluca	Caminante- Turismo y Autobuses México Toluca Triángulo Flecha SAdCV	11,592	190.0	0.7	2.5	84	0.6
	SUMA		131,736					
	PROMEDIO		11,976	299.9	0.7	1.9	73	0.6

Análisis Costo Beneficio del TITV

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-23. Red de rutas en el área de influencia

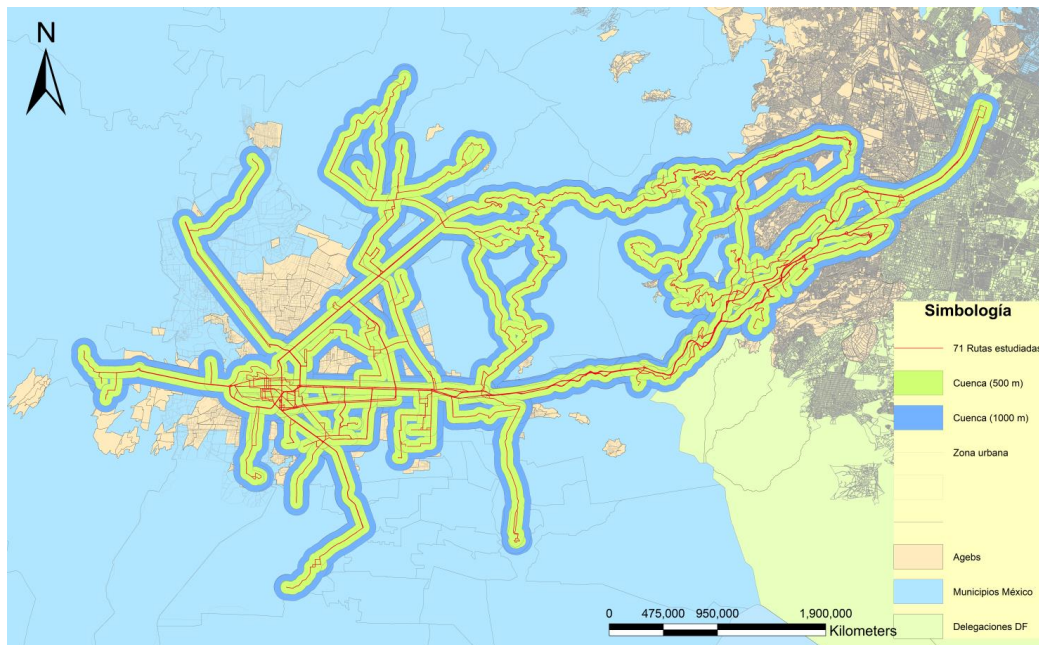


Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

La principal cuenca de servicio (radio 500 m) de la red de rutas estudiadas es de 3,930 km² mientras que la cuenca con radio de 1000 m es de unos 7,857 km² tal como se ilustra a continuación.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-24. Cuencas de servicio de la red de rutas estudiadas



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-25. Área de cuencas de servicio (500 y 1000 metros) para cada red de transporte

Cuenca	Red			Total [Km^2]
	Toluca	DF	Foránea	
500 metros	1493	1301	1136	3930
1000 metros	2991	2610	2256	7857

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

En la siguiente figura se pueden apreciar los principales indicadores de la red de transporte público en sus modalidades urbano y foráneo en el Valle de Toluca y Valle de México.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-26. Indicadores de la red de transporte público estudiada (72 rutas)

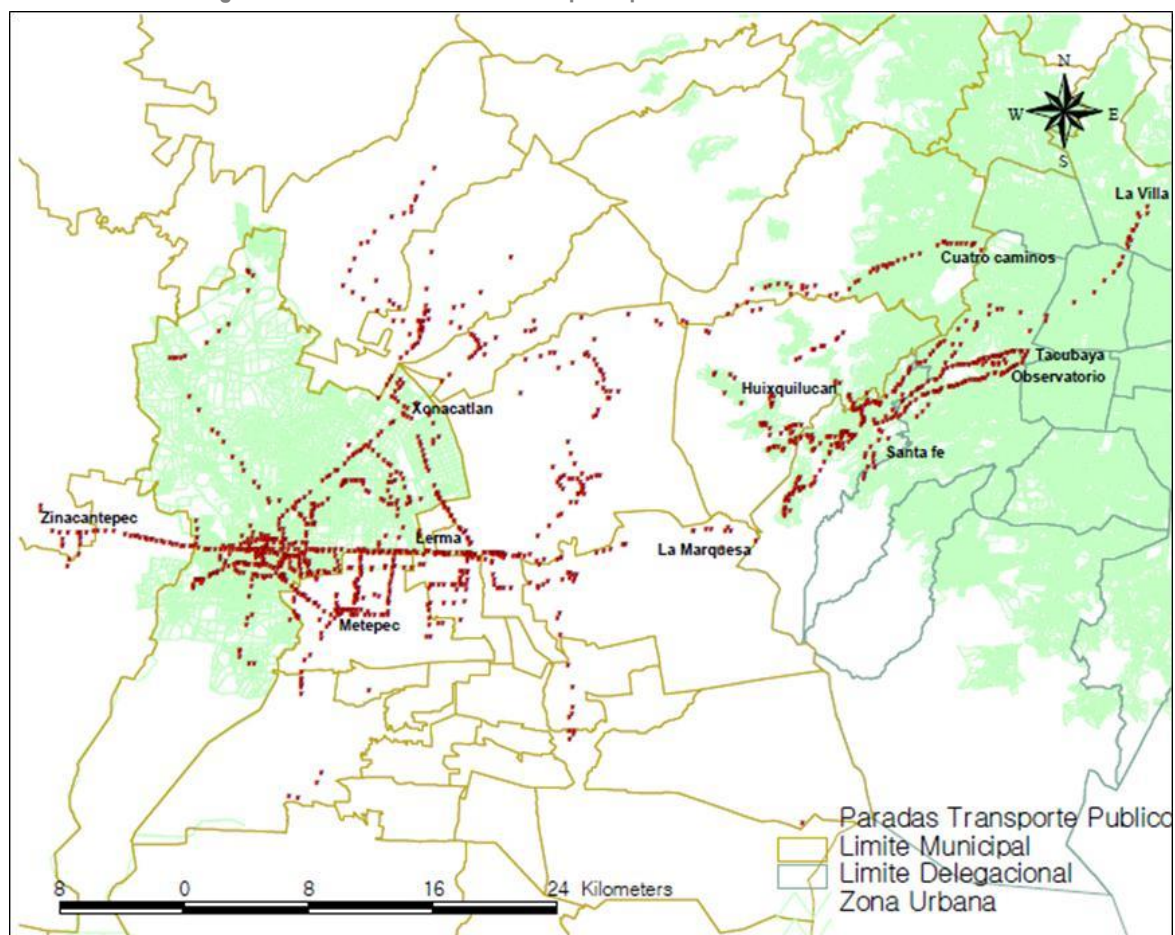
Transporte urbano	Transporte foráneo
Toluca No. De unidades: 947 Longitud de la red [km]: 1,559 Tiempo promedio de ciclo [min]: 182 Velocidad de operación promedio [Km/h]: 20 Recorrido promedio diario por unidad [km/veh]: 195	Valle de Toluca – Valle de México No. De unidades: 457 Longitud de la red [km]: 1,174 Tiempo promedio de ciclo [min]: 219 Velocidad de operación promedio [km/h]: 38 Recorrido promedio diario por unidad [km/veh]: 457
Distrito Federal No. De unidades: 1,147 Longitud de la red [km]: 1,363 Tiempo promedio de ciclo [min]: 151 Velocidad de operación promedio [km/h]: 21 Recorrido promedio diario por unidad [km/veh]: 111	

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Como parte del ejercicio de verificación realizado, fue posible obtener, ubicar y clasificar las paradas que se presentan en las 61 rutas estudiadas así como en las 11 líneas foráneas, mismas que se muestran en la siguiente figura, detectándose que en un mayor porcentaje éstas se realizan a media cuadra. Esta red considera un total de 1,324 paradas, de las cuales 741 son discrecionales y el resto cuenta con alguna señalización o infraestructura.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-27. Paradas de la red transporte público considerada en el estudio



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Parámetros operativos de la red estudiada

A partir del análisis de la red de 72 rutas estudiadas y de la información reseñada en el inciso anterior, fue factible definir los parámetros operativos de las rutas bajo estudio y presentadas en incisos anteriores.

Con el fin de realizar un análisis detallado de la información, se realizaron diferentes cuadros que muestran puntos de análisis específicos. Así, el Cuadro 12 integra la información promedio referente a los tiempos, longitudes y velocidades que experimentan las redes estudiadas en los Centros de Transferencia Modal (CETRAM). En general, son rutas cuyos promedios de tiempos de ciclo rebasan las dos horas, presentándose casos como las líneas foráneas donde sus tiempos de ciclo o vuelta son de poco más de 3.5 horas, en parte debido a los amplios tiempos de terminal que se registran.

En el campo urbano y suburbano, las rutas que tienen como base el CETRAM Chapultepec muestran tiempos de ciclo o vuelta de 3.3 horas, con tiempos de terminal relativamente cortos entre 9 y 13 minutos. En una situación similar se

Análisis Costo Beneficio del TITV

encuentran las rutas estudiadas en Toluca, donde sus tiempos de ciclo se ubican en poco más de 3 horas. Las longitudes de las rutas, para las condiciones urbanas en que operan muchas de ellas, son largas en especial las ubicadas en la ZMVT que en promedio presentan longitudes en un solo sentido de poco más de 27 km, ubicándose por arriba de las rutas que operan en el poniente de la Ciudad de México y que tienen longitudes menores especialmente las rutas estudiadas del CETRAM Observatorio y Tacubaya con 19 y 18 km en promedio respectivamente. Las rutas foráneas presentan longitudes del orden de los 53 km en promedio.

Los tiempos que el usuario experimenta abordo de la unidad van del 51 al 88% de los tiempos de recorrido de las rutas, implicando con ello una cantidad importante de viajes largos con grandes distancias de recorrido de entre 19 y 61 kilómetros. Naturalmente, en los transportes foráneos este porcentaje se acerca casi al 100% al ser generalmente el viaje de un origen a un destino definido. Con las velocidades promedio detectadas en la red actual, estos tiempos de viaje del usuario a bordo de las unidades de transporte se ubicarían en el rango de 27 a 112 minutos, dependiendo en gran parte de la vialidad (libre o de cuota) por donde transita la unidad.

Las velocidades comerciales promedio de las rutas estudiadas en la ZMVM se encuentran entre los 13.7 y 15.7 km/h, presentándose un incremento del 30% de esta velocidad en aquellas rutas que tienen como origen el paradero de Cuatro Caminos, siendo ésta del orden de los 24.5 km/h. Las velocidades de operación en la ZMVT se ubican en el orden de los 18 km/h, velocidad razonable para los tipos de servicio que se prestan. Finalmente, para el caso del transporte foráneo la velocidad comercial se estima en 29.5 km/h. En estos casos, las velocidades de operación para las rutas que parten de Cuatro Caminos y siguen la carretera Naucalpan-Toluca ronda en los 28 km/h, mientras que las que siguen la carretera libre Toluca-México obtienen velocidades del orden de 38 km/h. Diversos estudios, entre ellos el Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006 del Distrito Federal señalan una velocidad comercial promedio para los autobuses que operan en el Distrito Federal de 16.8 km/h en 1987 y de 16.7 km/h para el año 2000 mientras que la expectativa para esta modalidad para el año 2020 es de 12.4 km/h.

Esta tendencia a la baja entre 1987 y 2012 así como las expectativas al año 2020 de una caída todavía más palpable hacen necesario la búsqueda de soluciones tecnológicas confinadas capaces de mantener la velocidad comercial con la que fue planteado el proyecto en un inicio.

Figura 2-28. Tiempos, longitudes y velocidades de las rutas estudiadas

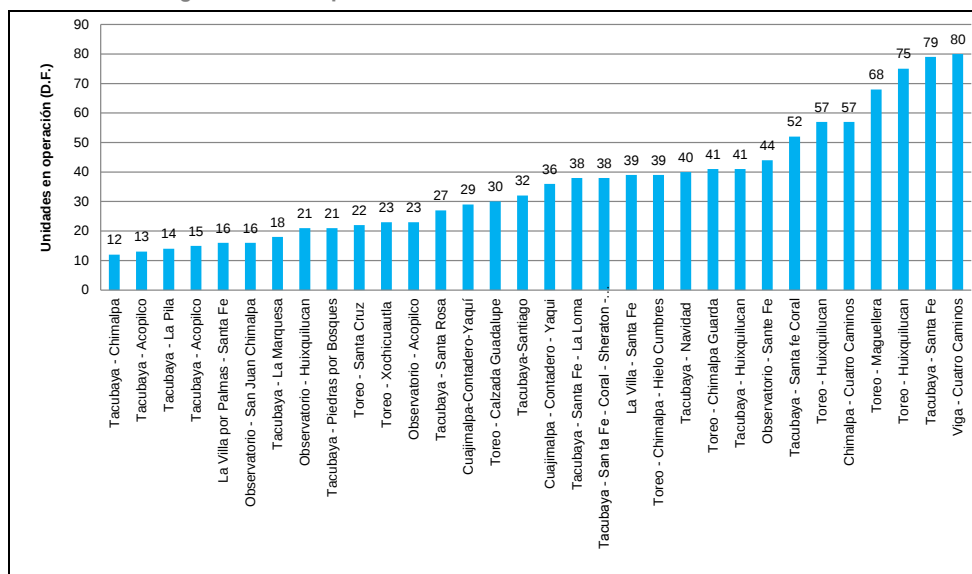
Estación Terminal	Total	Tiempo de recorrido (minutos)			Tiempo de terminal (minutos)		Tiempo de ciclo (minutos)	Longitud de ruta (kilómetros)			Velocidad (km/h)	
		Centro-Periferia	Periferia-Centro	Pasajero	Externo	CETRAM		Centro-Periferia	Periferia-Centro	Total	Operación	Comercial
Chapultepec	Suma							94	92	186		
	Promedio	87	86	29	9	13	195	24	23	47	16.4	14.4
Cuatro Caminos	Suma							265	263	529		
	Promedio	57	61	32	8	8	134	27	26	53	28.0	24.5
Observatorio	Suma							77	77	153		
	Promedio	66	62	29	7	10	145	19	19	38	17.9	15.7
Tacubaya	Suma							251	244	495		
	Promedio	64	59	30	16	14	152	18	17	35	17.1	13.7
Toluca	Suma							704	724	1,559		
	Promedio	79	91	30	13	8	182	27	28	54	19.9	17.6
Rutas Foráneas	Suma							586	589	1,174		
	Promedio	92	81	64	25	21	219	53	54	107	38.2	29.5

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

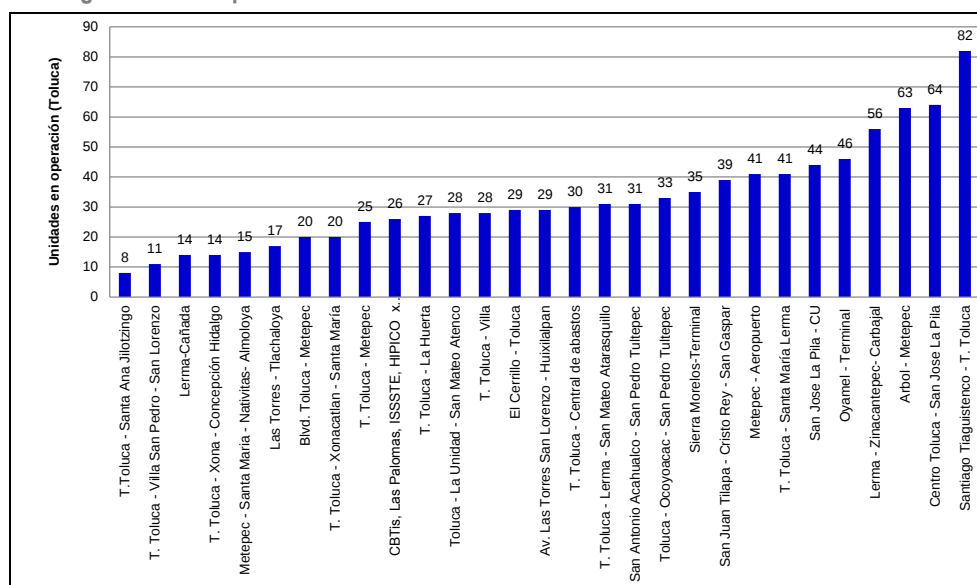
Por su parte, la siguiente figura muestra datos relevantes sobre la oferta de servicio de la red de transporte estudiada. Se detectaron 2,560 unidades operando en su mayoría autobuses (85%) y solo en las rutas que parten del paradero Cuatro Caminos se detectaron vans, combis o minibuses que en conjunto suman 372 unidades.

Figura 2-29. Parque vehicular de las 32 rutas estudiadas en el DF



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

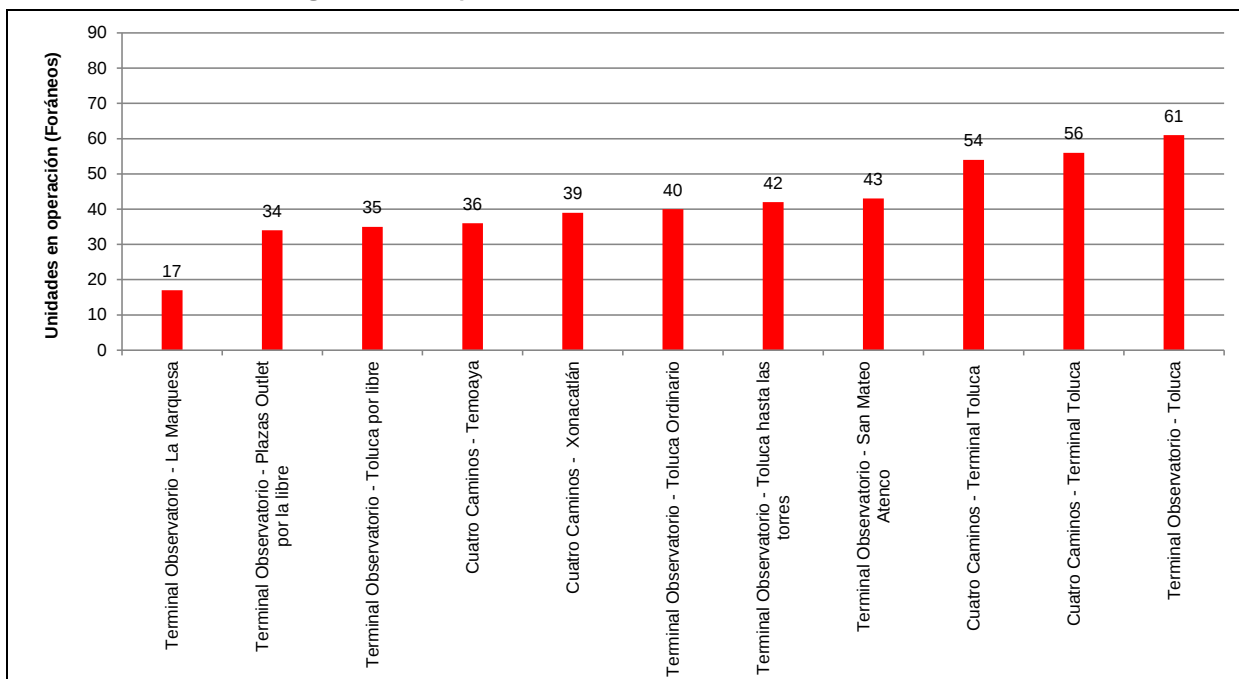
Figura 2-30. Parque vehicular de las 29 rutas estudiadas en Toluca Estado de México



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-31. Parque vehicular de las 11 rutas foráneas estudiadas



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Los tiempos de recorrido, permiten considerar una ineficiencia en la utilización del parque vehicular, por ejemplo, las rutas con terminal en el poniente de la Ciudad de México estarían en la posibilidad de realizar entre 5 y 7 vueltas por día, cuando en la realidad se están realizando entre 1 y 1.5 vueltas; en la ZMVT se realizan en promedio 1.5 vueltas, teniendo un potencial de 5 vueltas en promedio. Finalmente, el transporte foráneo realiza 2 vueltas de las 4.5 posibles en un periodo de 16 horas de servicio.

Los intervalos promedio se ubican en rangos correspondientes a servicios periféricos y solo en 13 de las 61 rutas urbanas este intervalo presenta características de servicio urbano (5min o menos). Resulta interesante observar los intervalos logrados en Toluca, donde pese a sus características urbanas, se presentan intervalos promedio de paso en la HMD del orden de los 11 minutos. Esta amplitud de los intervalos debe verse con cuidado puesto que existen un número adicional en rutas que compiten en trayectos muy similares y es probable que se presenten intervalos más cerrados en corredores de alta demanda y considerando distintas rutas.

Análisis Costo Beneficio del TITV

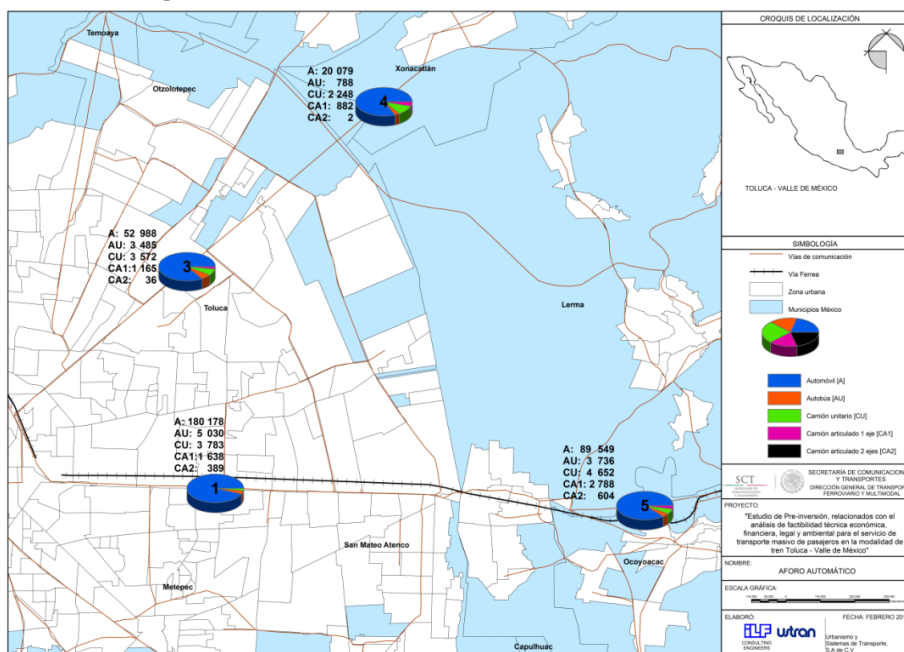
Figura 2-32. Oferta del servicio de la red estudiada

Estación terminal	Total	Intervalo HMD (min/veh)		Cantidad de vueltas			Tipo de unidad				Número de unidades operando
		Centro-Periferia	Periferia-Centro	HMD	Diarias	Por unidad	Eurovan	Combi	Microbús	Autobús	
Chapultepec	Suma				306					120	120
	Promedio	10	9	9	77	3					30
Cuatro Caminos	Suma				933		137	178	57	120	483
	Promedio	5	8	18	93	2					49
Observatorio	Suma				297					104	104
	Promedio	13	13	6	74	3					26
Tacubaya	Suma				1,284					440	440
	Promedio	19	8	8	92	3					32
Toluca	Suma				2,758					947	947
	Promedio	9	9	9	95	3					33
Rutas Foráneas	Suma				1,892					457	457
	Promedio	9	12	7	172	4					42

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Asimismo, se realizaron flujos vehiculares en diez puntos estratégicos durante una semana con el fin de conocer el comportamiento vehicular tanto en días hábiles como en fin de semana, las siguientes figuras muestran los resultados del tránsito promedio diario semanal (TPDS) en la ZMVT y en la porción poniente de la Ciudad de México obtenidos con este estudio.

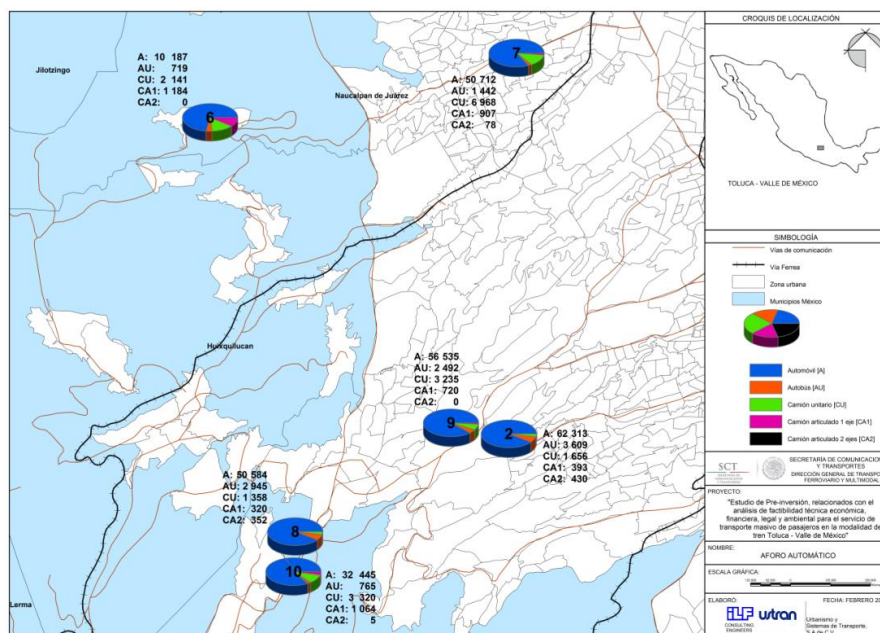
Figura 2-33. Puntos de aforo automático ubicados en la ZMVT



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-34. Puntos de aforo automático ubicados en la ZMVM



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Asimismo, las siguientes imágenes se muestran un análisis más detallado de los resultados obtenidos en los diez puntos de aforo automático. Se observa que las variaciones de tránsito entre día hábil y fin de semana se ubican en el rango del 1 al 2% y se puede señalar que tiene un comportamiento homogéneo. Los niveles de servicio de estas vialidades son críticos ya que en ocho de ellos se presentan niveles E y F (máxima tasa de flujo posible o capacidad de la vialidad considerada) y solo dos puntos dentro de los niveles de servicio o diseño (C y D). Estos niveles de servicio apuntan a la necesidad de ampliar las vialidades afectadas, muchas de las cuales son los accesos de penetración a ambas ciudades, con lo cual se percibe un colapso vial con soluciones costosas para dotar de espacio suficiente para su ampliación.

Así, la Autopista del Poniente, obra de reciente construcción, presenta una capacidad máxima de vehículos del orden de 45,000 al día (2,000 vehículos por carril por hora pico) para mantener niveles de servicio E. En la mayoría de los casos de nuestras vialidades de penetración, se tendría que ampliar un carril por sentido para pasar de un nivel E a un nivel D y mantener velocidades de operación de 60 km/h, estimándose una vida útil del carril de seis años antes de llegar a su capacidad con los niveles de motorización que se han registrado en los últimos diez años (6 al 8%). En la mayoría de los casos, las vialidades de penetración a ambas ciudades impiden cualquier ampliación al contarse con una sección vial restringida y difícil de ampliar dadas las condiciones orográficas, de sección transversal existente o de imagen urbana. Por ende, es importante el planteamiento de soluciones que por una parte, tengan la capacidad suficiente para absorber las demandas esperadas en el largo plazo y por otra que permitan mantener la velocidad comercial a lo largo de la vida del proyecto así como requerir para su ampliación de capacidad el menor requerimiento de espacio vial posible. 9km.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-35. Variación semanal de flujos vehiculares en aforo automático 1era parte

Estación 1: Tollocan (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	1,261,246	35,213	26,479	11,464	2,720	1,337,122	E
Promedio entre semana	179,509	5,130	3,924	1,732	399	190,694	
Promedio fin de semana	181,851	4,782	3,429	1,403	363	191,827	
Tránsito diario promedio semanal	180,178	5,030	3,783	1,638	389	191,017	
Estación 2: Vasco de Quiroga (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	436,193	25,264	11,593	2,749	3,012	478,810	E
Promedio entre semana	63,341	3,649	1,691	410	437	69,528	
Promedio fin de semana	59,745	3,508	1,569	349	413	65,584	
Tránsito diario promedio semanal	62,313	3,609	1,656	393	430	68,401	
Estación 3: López Portillo (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	370,918	24,396	25,003	8,153	252	428,722	E
Promedio entre semana	53,502	3,515	3,633	1,166	36	61,853	
Promedio fin de semana	51,703	3,410	3,418	1,161	35	59,728	
Tránsito diario promedio semanal	52,988	3,485	3,572	1,165	36	61,246	
Estación 4: Xonacatlán (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	140,552	5,515	15,736	6,175	14	167,991	D
Promedio entre semana	19,976	772	2,202	884	2	23,837	
Promedio fin de semana	20,335	827	2,363	877	2	24,403	
Tránsito diario promedio semanal	20,079	788	2,248	882	2	23,999	
Estación 5: Ocoyoacac (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	626,842	26,151	32,565	19,519	4,231	709,308	E
Promedio entre semana	90,147	3,841	4,995	2,853	635	102,471	
Promedio fin de semana	88,054	3,473	3,794	2,627	527	98,476	
Tránsito diario promedio semanal	89,549	3,736	4,652	2,788	604	101,330	

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-36. Variación semanal de flujos vehiculares en aforo automático 2da parte

Estación 6: Chimalpa (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	71,309	5,034	14,987	8,289	2	99,621	C
Promedio entre semana	10,090	734	2,191	1,245	0	14,261	
Promedio fin de semana	10,428	681	2,016	1,032	0	14,158	
Tránsito diario promedio semanal	10,187	719	2,141	1,184	0	14,232	

Estación 7: Gustavo Baz (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	354,987	10,096	48,773	6,350	547	420,753	E
Promedio entre semana	50,645	1,458	7,150	953	85	60,290	
Promedio fin de semana	50,882	1,404	6,512	791	62	59,651	
Tránsito diario promedio semanal	50,712	1,442	6,968	907	78	60,108	

Estación 8: Autopista México Toluca (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	354,090	20,613	9,503	2,242	2,462	388,911	E
Promedio entre semana	51,413	2,978	1,386	335	358	56,469	
Promedio fin de semana	48,514	2,862	1,287	284	337	53,284	
Tránsito diario promedio semanal	50,584	2,945	1,358	320	352	55,559	

Estación 9: Cuajimalpa (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	395,745	17,441	22,648	5,042	0	440,875	F
Promedio entre semana	54,989	2,669	3,961	911	0	62,530	
Promedio fin de semana	60,400	2,047	1,421	244	0	64,112	
Tránsito diario promedio semanal	56,535	2,492	3,235	720	0	62,982	

Estación 10: México-Toluca Libre (ambos sentidos)							
	Automóvil	Autobuses	Camión unitario	Camión articulado 1	Camión articulado 2	Total	Nivel de Servicio
Total	227,115	5,356	23,238	7,451	32	263,192	E
Promedio entre semana	32,385	764	3,339	1,128	6	37,622	
Promedio fin de semana	32,596	768	3,273	904	0	37,541	
Tránsito diario promedio semanal	32,445	765	3,320	1,064	5	37,599	

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

2.2.5. Caracterización de la oferta de red vial

Características funcionales de la vialidad

Del análisis realizado al estudio de verificación de recorridos, paradas e infraestructura existente y de la información documental recabada en el estudio de demanda y que comprende los municipios de Lerma de Villada, Metepec, Zinacantepec y Toluca en el Estado de México así como la delegación Álvaro Obregón, Miguel Hidalgo y Cuajimalpa en el Distrito Federal, se señalan a continuación las características físicas de las vialidades relevantes de estas demarcaciones.

Lerma de Villada

Análisis Costo Beneficio del TITV

Las vialidades intramunicipales o primarias existentes en el municipio se encuentran en Amomolulco, San José el Llanito, San Miguel Ameyalco, San Mateo, Santa María Atarasquillo, Analco, San Nicolás Peralta, Col. Álvaro Obregón y Santa María Tlalmimilolpan. Estas vialidades son:

- Carretera Amomolulco - Xonacatlán.
- Carretera Zona Industrial Lerma - El Cerrillo.
- Carretera Atarasquillo - El Charco.
- Libramiento Bicentenario.

Las vialidades secundarias en el municipio tienen la función de comunicar a las demás localidades con el centro y son vías de acceso a predios o construcciones. Finalmente se encuentran las denominadas locales para cada región, que pueden ser de materiales como concreto, asfalto o en su defecto que permanezcan como de terracería.

Metepec

El municipio de Metepec cuenta con una estructura vial compuesta por carreteras regionales, vialidades intermunicipales, vialidades primarias, secundarias y locales, que cumplen funciones diferenciadas en cuanto a su capacidad como ejes estructuradores no sólo a nivel municipal, sino en el contexto metropolitano del Valle de Toluca.

En orden de jerarquía, debe mencionarse, la Av. Solidaridad Las Torres conformada por tres carriles por sentido que conectan este municipio con el centro de Toluca, y San Mateo Atenco, además de ser una vía paralela a Paseo Tollocan entre Av. Ignacio Comonfort y la Calle Frontera que es uno de los límites municipales al oriente del municipio, para después conectarse de manera perpendicular con Paseo Tollocan.

Continuando con esta jerarquía vial, y en cuanto a las vialidades primarias se refiere, Metepec tiene un primer eje estructurador norte-sur, que es Prolongación Heriberto Enríquez, la cual comienza en Toluca, y constituye el límite poniente del municipio de Metepec, asimismo, cuenta con la Av. Ignacio Comonfort cuyo número de carriles queda en el orden de tres por sentido de circulación, esta Av. inicia en Paseo Tollocan y da acceso al centro de Metepec, terminando en el Cerro de los Magueyes.

Un tercer eje estructurador norte-sur es la calle Vicente Guerrero, que corre en un primer tramo de Paseo Tollocan, cruzando por Metepec, hasta la carretera Metepec-Tenango del Valle y en segundo tramo desde esta vía hasta el municipio de Calimaya. El cuarto eje está conformado por la Av. Tecnológico y va desde Paseo Tollocan hasta la Av. Estado de México, hasta su intersección con la carretera Metepec-Tenango, entre San Lorenzo Coacalco y San Miguel Totocuitlapilco. Por otro lado, en el sentido oriente-poniente se identifica un eje integrador en la calle Leona Vicario a partir de Vicente Guerrero hasta la vialidad Metepec-Tenango, continuando como calle Ceboruco hasta la prolongación Heriberto Enríquez.

En términos generales, se identifican dos necesidades fundamentales dentro del eje vial que constituye el municipio de Metepec las cuales se pueden basar en estructurar el sistema vial para que tanto las zonas desarrolladas, como las áreas de nuevo crecimiento tengan vialidades acordes a su tamaño y ubicación y dar mantenimiento periódico a las vialidades regionales, primarias y secundarias que integran el municipio a fin de promover su desarrollo local y la calidad de vida de sus habitantes.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Zinacantepec

Un municipio considerado de suma importancia en este proyecto es Zinacantepec, cuyas vialidades interconectan con los municipios aledaños como Almoloya de Juárez y la Ciudad de Toluca.

Vialidades primarias

Estas vialidades se distinguen por ser de conectividad en todo el municipio de Zinacantepec, su longitud puede atravesar literalmente toda la localidad y se enlazan con carreteras troncales o de dominio federal. El municipio de Zinacantepec cuenta con siete Avenidas principales, algunas de estas presentan problemas de mantenimiento ya que la carpeta asfáltica está muy desgastada; en algunos puntos de flujo vehicular se reduce la longitud de sus carriles provocando algunos desordenes viales. La falta de semáforos ha contribuido a algunos accidentes de tránsito en la zona por lo que se debe poner atención en este sentido por parte de las autoridades. Otro problema que aqueja es la falta de señalamientos viales en puntos estratégicos del municipio.

Vialidades secundarias

Estas son de interacción con primarias y vialidades troncales como cerradas o privadas, son de fácil reconocimiento por la comunidad; también presentan deterioro como baches y falta de pavimentación, que son molestia para los automovilistas y para el servicio de transporte público urbano y suburbano que ingresa a esta entidad.

Toluca de Lerdo

El sistema vial del municipio se caracteriza por presentar un modelo radial en sus ejes regionales, los cuales convergen en la zona centro de la ciudad. Estas vialidades permiten integrar al municipio con Metepec, Zinacantepec, Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac y el Distrito Federal.

Vialidad Regional

La estructura carretera regional que integra al municipio de Toluca, permite comunicar a éste con municipios circunvecinos que integran al Estado de México, de esta forma se identifican los siguientes ejes regionales:

La estructura carretera regional que integra al municipio de Toluca, permite comunicar a éste con municipios circunvecinos que integran al Estado de México, de esta forma se identifican los siguientes ejes regionales:

- Carretera México-Toluca conecta al municipio de Toluca con Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac y la Ciudad de México.
- Carretera Toluca-Atlacomulco conecta a los municipios de Ixtlahuaca y Atlacomulco, así como al Estado de Michoacán.
- Carretera Toluca-Zitácuaro conecta a Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Villa Victoria y el Estado de Michoacán.
- Carretera Toluca-Naucalpan conecta a los municipios de Otzolotepec, Xonacatlán y la zona norte de la Ciudad de México.

Análisis Costo Beneficio del TITV

- Carretera Toluca-Ixtapan de la Sal, conecta a los municipios de Metepec, Mexicaltzingo, Santa María Rayón y la zona suroeste del Estado de México.
- Calzada al Pacífico conecta a la zona sur del Estado de México.

Vialidades Primarias

El sistema de vialidades primarias se conforma por ejes que en algunos casos forman parte o son una continuidad de los ejes regionales y que dan acceso al centro de la ciudad. En este caso, las vialidades primarias presentan condiciones materiales aceptables y su problemática se identifica en algunos cruces con otras vialidades primarias o secundarias o a su paso por centros urbanos con flujos vehiculares elevados. Dentro del grupo de las vialidades primarias se ubican las siguientes:

- Boulevard Isidro Fabela
- Av. José María Pino Suárez
- Av. Ignacio López Rayón
- Av. Benito Juárez
- Av. Miguel Hidalgo
- Av. José María Morelos
- Av. Independencia
- Av. Venustiano Carranza
- Av. Sebastián Lerdo de Tejada
- Av. Solidaridad Las Torres
- Paseo Tollocan
- Boulevard Alfredo del Mazo
- Av. José López Portillo
- Prolongación 5 de Mayo
- Boulevard Toluca-Metepec
- Av. Heriberto Enríquez
- Paseo Colón
- Paseo Adolfo López Mateos
- Paseo de Los Matlazincas

Análisis Costo Beneficio del TITV

Álvaro Obregón

La red regional que tiene acceso a la delegación está integrada por autopistas de cuota o carreteras libres que vinculan a la Ciudad de México con el resto del país y de manera prioritaria con las ciudades de Toluca y Querétaro. Esta red desemboca a vialidades limítrofes como lo es la autopista y la carretera México-Toluca que se convierten al norte de la demarcación en la Av. Constituyentes; y al oriente, la Autopista México-Querétaro que se convierte en el Anillo Periférico. La demarcación tiene varias vías de penetración como Av. Constituyentes, Anillo Periférico y Circuito Interior, las cuales presentan elevados índices de saturación.

La zona poniente a partir del Anillo Periférico presenta déficit vial, provocado en gran parte por las barrancas de la zona que corren de poniente a oriente, limitando la comunicación norte-sur en gran parte de su territorio. Por el oriente se presenta la saturación de la Av. Revolución, Av. de los Insurgentes, Av. Universidad, Av. Barranca del Muerto, Circuito Interior, Miguel A. de Quevedo, San Jerónimo, Av. de la Luz y Paseo del Pedregal. Las principales vías son Av. Toluca, Las Torres, Calzada Desierto de los Leones, Calzada de las Águilas, Santa Lucía, Tamaulipas y Vasco de Quiroga. En el sentido norte-sur existen pocas alternativas, únicamente Eje 5 Poniente y Periférico.

La red vial principal está conformada por Avenidas primarias de acceso controlado y ejes viales, la red vial secundaria está a cargo de la delegación, siendo la zona poniente la que presenta gran déficit vial. La construcción reciente de la Av. de los Poetas, que conecta la Av. Centenario con las Avenidas Carlos Lazo y Tamaulipas, así como de las obras del segundo piso del Periférico en su tramo de Av. San Jerónimo al distribuidor San Antonio, son acciones que desahogan las vialidades que corren en el sentido oriente-poniente, entre las que destacan las Avenidas Centenario y 5 de Mayo las cuales vieron incrementada su sección vial en varios segmentos, y cuyo objetivo principal consiste en facilitar el tránsito vehicular y por ende disminuir el tiempo de recorrido y la emisión de partículas contaminantes.

Asimismo, los distribuidores de San Antonio y los de Av. Alta Tensión contribuyen a desahogar el tránsito vehicular de la zona centro de la demarcación, en general se presentan índices muy bajos de movilidad con relación a otras demarcaciones políticas, sin embargo, por tener en su territorio grandes zonas habitacionales, existe una gran cantidad de viajes hacia los lugares generadores de fuentes de trabajo y de servicios que se encuentran en otras partes de la ciudad, al menos la mitad de la población se desplaza fuera de la delegación. Por otro lado, la delegación adquiere relevancia como prestador de servicios corporativos a nivel metropolitano, nacional e internacional, debido a la existencia del eje Huixquilucan-Santa Fe y en menor medida los corredores urbanos de Av. Revolución, Av. Insurgentes, la Carretera Federal México-Toluca y el Anillo Periférico.

La problemática fundamental dentro de la Delegación Álvaro Obregón se concentra en cómo brindar mayor movilidad en el sentido oriente-poniente para las colonias que se encuentran en la zona de barrancas, haciendo hincapié que el mayor número éstas (16 barrancas) se ubican dentro de la entidad y sus principales vías de comunicación se encuentran limitadas. Por ello, es recomendable que las autoridades delegacionales se centren en acondicionar los accesos a estas barrancas a fin de generar mejores desplazamientos y calidad de vida entre los habitantes de esta región.

Cuajimalpa de Morelos

Como ya se mencionó, la delegación Cuajimalpa cuenta con una red vial regional integrada por la Carretera Federal México - Toluca, la Autopista Constituyentes – La Venta – La Marquesa (Autopista de cuota a Toluca) y la Autopista

Análisis Costo Beneficio del TITV

Chamapa - La Venta. Estas vías permiten la comunicación con Toluca, Naucalpan, Tlalnepantla, Interlomas, Satélite, Valle Escondido, Chiluca, y Atizapán.

La topografía, separada por barrancas, al igual que la delegación Álvaro Obregón ha impedido la integración de la red vial primaria que permita la libre circulación vehicular, lo que genera la saturación de vías secundarias y cuellos de botella. La vialidad local en Cuajimalpa presenta en general situaciones conflictivas por las siguientes causas: falta de continuidad, sección transversal insuficiente, reducción de la capacidad por el estacionamiento indiscriminado, intersecciones conflictivas o sin semáforos, topes excesivos y mal diseñados, mal estado del pavimento, maniobras de carga y descarga para el comercio sin horario establecido, cierre de calles con plumas o rejas e insuficiencia de señalamiento. Los nodos más conflictivos que se localizan en la delegación son los siguientes:

- Av. Veracruz- Trébol Retorno Contadero
- Puente Contadero- Veracruz
- Carretera federal México – Toluca - Echánove

La vialidad local al norte de la delegación se integra por vías de conexión con el Estado de México, como son Camino al Olivo, San José de los Cedros, Jesús del Monte y Av. México. Al sur de Cuajimalpa se presenta la falta de continuidad de las vías alternas a la Carretera Federal México - Toluca, en especial en la parte de Contadero y Santa Fe. Asimismo, la falta de cruces de la carretera ha impedido la integración de la estructura vial en el sentido norte-sur de la delegación.

La mayor parte de las vialidades del centro de Cuajimalpa y de los centros de los poblados rurales son de doble circulación y tienen secciones transversales insuficientes. Las Avenidas que presentan mayor flujo vehicular de transporte público y colectivo son José María Castorena, San José de los Cedros y la Carretera Federal México-Toluca, otras calles de gran importancia por el tránsito que presentan son 16 de Septiembre, Av. Veracruz, Juárez, Allende, J. Mina, Arteaga y Salazar, Jesús del Monte, Ocampo, Leandro Valle, Bosques de Reforma, Av. México, Monte de las Cruces, Héctor Victoria, Pastores y Noche de Paz.

Miguel Hidalgo

La infraestructura vial que permite la conectividad dentro de la delegación Miguel Hidalgo se encuentra integrada por las vías primarias que incluyen la Av. Revolución, Av. Patriotismo, Calzada México-Tacuba, Calzada Legaria, Av. Marina Nacional, Calzada Mariano Escobedo, Av. Ejército Nacional, Paseo de la Reforma, Av. Constituyentes (Eje 1 Sur), Av. Observatorio (Eje 4 Sur), Av. Parque Lira, Vicente Eguía (Eje 3 Sur), Thiers (Eje 3 Pte.).

Una de las vialidades identificadas con mayor saturación de tránsito vehicular en horas pico es Av. Constituyentes en el sentido hacia Toluca a la altura de Lomas Altas.

Asimismo, ésta delegación cuenta con vías secundarias que se conectan en su interior, estas son; Miguel de Cervantes Saavedra, Lago Alberto, Newton, Homero, Horacio, Felipe Carrillo Puerto, Lago Catemaco, Gran Lago del Oso, Lago Garda-Laguna del Carmen. Resulta importante mencionar que los problemas de congestionamiento vial se presentan mayormente en el Anillo Periférico, Viaducto Miguel Alemán, Av. Ejército Nacional, Presidente Masaryk, Paseo de la Reforma y el Eje 3 poniente (Thiers). Los nodos con mayores conflictos viales se deben a intersección de vialidades importantes, asentamiento de comercios ambulantes que concurren principalmente hacia el norte en el cruce de la Av.

Análisis Costo Beneficio del TITV

México-Tacuba, Calzada Legaria y Marina Nacional. En el extremo sur, en el cruce de Viaducto con Revolución y Parque Lira, se tienen además vialidades con grandes flujos vehiculares, lo cual ocasiona conflictos viales en cruces como son Río San Joaquín y Periférico; Ingenieros Militares y Periférico, Presidente Masaryk y Periférico, Circuito Interior y el Eje 3 Poniente Thiers, Paseo de la Reforma y el acceso al Museo de Antropología, hacia la zona sur Benjamín Franklin y Patriotismo.

Características físicas de la vialidad

En este punto se muestra un análisis del tipo cualitativo para la superficie de rodamiento presente en algunas vialidades principales tanto de Toluca como del Valle de México.

Esta descripción engloba las características propias de la sección transversal, longitud, número de carriles e índice de rugosidad que presentan las siguientes arterias viales:

De Toluca

- Paseo Tollocan
- Av. Solidaridad Las Torres
- José Ma. Pino Suárez
- Isidro Favela
- Lic. Adolfo López Mateos
- Av. Tecnológico
- López Portillo
- Miguel Alemán Valdés
- Paseo Colón

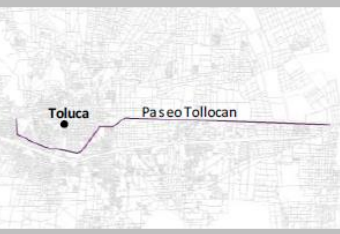
De México

- Paseo de la Reforma
- Av. Constituyentes
- Vasco de Quiroga
- De las Torres-Acueducto
- Sur 122
- Primero de Mayo
- Las Torres – Naucalpan Toluca

Análisis Costo Beneficio del TITV

En las siguientes figuras se muestran los parámetros cualitativos que se tomaron en cuenta para evaluar cada una de las vialidades antes mencionadas.

Figura 2-37. Parámetros cualitativos – Paseo Tollocan

Paseo Tollocan	Entidad	Toluca	Trazo	Vialidad
	Toluca, Estado de México			
	Longitud(km)	17.7		
	Número de carriles/sentido	5 carriles		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)	2.5		

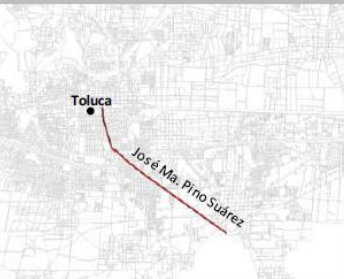
Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-38. Parámetros cualitativos – Av. Solidaridad –Las Torres

Av. Solidaridad-Las Torres	Entidad	Toluca, Estado de México	Trazo		Vialidad	
	Longitud(km)	16.6				
	Número de carriles/sentido	3 carriles y se incrementa a 6 desde Jesús carranza hasta Salvador Díaz Mirón				
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)	3.0				

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

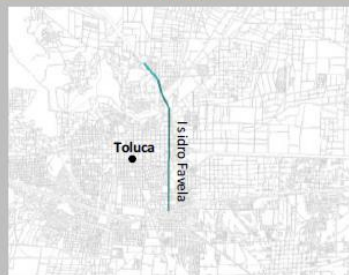
Figura 2-39. Parámetros cualitativos – José Ma. Pino Suárez

José Ma. Pino Suárez	Entidad	Toluca, Estado de México	Trazo	Vialidad
	Longitud(km)	8.3		
	Número de carriles/sentido	2 carriles de Venustiano carranza a Paseo Tollocan y 4 carriles de Paseo Tollocan hasta Av. Estado de México		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)	3.2		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

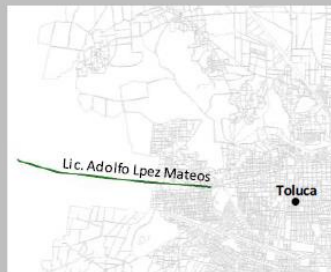
Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-40. Parámetros cualitativos – Isidro Favela

Isidro Favela	Entidad	Toluca	Trazo	Vialidad
	Toluca, Estado de México			
	Longitud(km)	5.1		
	Número de carriles/sentido	3 carriles		
	Indice de rugosidad internacional IRI (m/km)	3.2		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-41. Parámetros cualitativos – Lic. Adolfo López Mateos

Lic. Adolfo López Mateos	Entidad	Trazo	Vialidad
	Toluca, Estado de México		
	Longitud(km)		
	7.8		
	Número de carriles/sentido		
	4 carriles		
	Indice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
3.3			

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

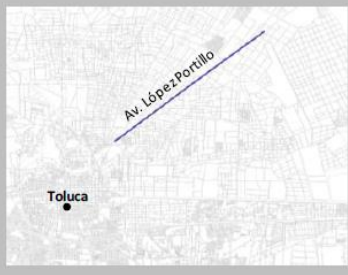
Figura 2-42. Parámetros cualitativos – Av. Tecnológico

Av. Tecnológico	Entidad	Toluca, Estado de México	Trazo	Vialidad
	Longitud(km)	4.2		
	Número de carriles/sentido	3 carriles		
	Indice de rugosidad internacional IRI (m/km)	3.2		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

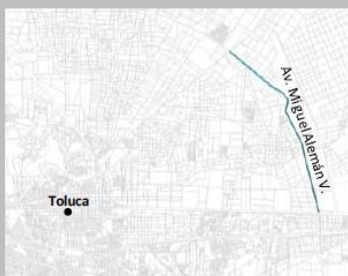
Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-43. Parámetros cualitativos – Av. López Portillo

Av. López Portillo	Entidad	Trazo	Vialidad
	Toluca, Estado de México		
	Longitud(km)		
	9.2		
	Número de carriles/sentido		
	3 carriles		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.5		

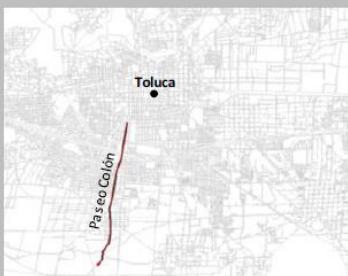
Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-44. Parámetros cualitativos – Av. Miguel Alemán

Av. Miguel Alemán Valdés	Entidad	Trazo	Vialidad
	Toluca, Estado de México		
	Longitud(km)		
	9.5		
	Número de carriles/sentido		
	5 carriles		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.1		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-45. Parámetros cualitativos – Paseo Colón

Paseo Colón	Entidad	Trazo	Vialidad
	Toluca, Estado de México		
	Longitud(km)		
	5.3		
	Número de carriles/sentido		
	3 camiles de Francisco Murguía hasta 1° de mayo, 2 camiles en un solo sentido de 1° de mayo hasta Carr. A San Juan Tilapa		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.5		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-46. Parámetros cualitativos – De las Torres -Acueducto

De las Torres- Acueducto	Entidad	Trazo	Vialidad
	México D.F.		
	Longitud(km)		
	1.9		
	Número de carriles/sentido		
	3 carriles		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.5		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-47. Parámetros cualitativos – Paseo de la Reforma

Paseo de la Reforma	Entidad	Trazo	Vialidad
	México D.F.		
	Longitud(km)		
	17.9		
	Número de carriles/sentido		
	4 carriles de Eje 2 Norte a Ricardo Flores Magón, 6 carriles de Reforma norte hasta Río Rondano, 3 carriles de Río Rondano hasta entronque con Constituyentes, 5 carriles de Constituyentes a Cda de Bezares, 3 carriles de Cda. de Bezares a Paseo de los Tamarindos		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	2.8		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

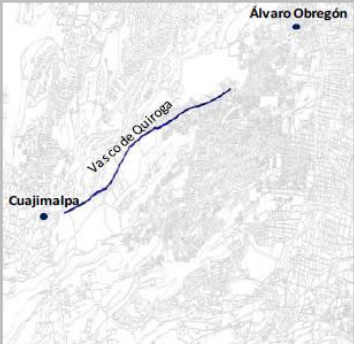
Figura 2-48. Parámetros cualitativos – Av. Constituyentes

Av. Constituyentes	Entidad	Trazo	Vialidad
	México D.F.		
	Longitud(km)		
	7.1		
	Número de carriles/sentido		
	3 carriles		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.1		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-49. Parámetros cualitativos – Vasco de Quiroga

Vasco de Quiroga	Entidad	Trazo	Vialidad
	México D.F.		
	Longitud(km)		
	6.9		
	Número de carriles/sentido		
	2 carriles de Antigua Vía a La Venta hasta Gómez Farías, 3 carriles de la Glorieta Vasco de Quiroga hasta Roberto Medellín, 4 carriles de Roberto Medellín hasta Ernesto Martínez, 3 carriles desde Ernesto Martínez hasta Carlos Echavone		
	Indice de rugosidad Internacional IRI (m/km)		
	3.3		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-50. Parámetros cualitativos – Sur 122

Sur 122	Entidad	Trazo	Vialidad
	México D.F.		
	Longitud(km)		
	1.6		
	Número de carriles/sentido		
	4 carriles desde camino real a Toluca hasta Pte 83, 3 carriles desde Pte 83 hasta Pte 75		
	Indice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.3		

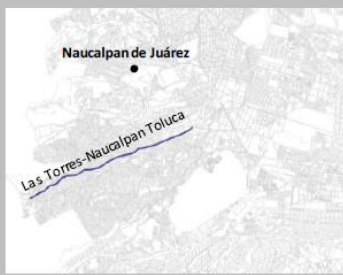
Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-51. Parámetros cualitativos – Av. Primero de Mayo

Av. Primero de mayo	Entidad	Trazo	Vialidad
	Naucalpan, Estado de México		
	Longitud(km)		
	1.6		
	Número de carriles/sentido		
	4 carriles		
	Indice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.5		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-52. Parámetros cualitativos – Las Torres - Naucalpan

Las Torres - Naucalpan Toluca	Entidad	Trazo	Vialidad
	Naucalpan, Estado de México		
	Longitud(km)		
	6.5		
	Número de carriles/sentido		
	3 carriles		
	Índice de rugosidad internacional IRI (m/km)		
	3.4		

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

2.3. Análisis de la demanda actual

Un indicador importante en el desarrollo de este apartado es la demanda de las rutas analizadas, se tiene que las 61 rutas urbanas y suburbanas en conjunto transportan diariamente a 287 mil VPD, sin que este valor señale la totalidad de los viajes que se realizan en ambas zonas metropolitanas. Solo para la ZMVT se estiman 795 mil VPD, mientras que para la ZMVM poco más de 20 millones de VPD. De estos 286 mil VPD detectados, el 51% se refiere a viajes realizados en la ZMVM (paraderos Chapultepec, Cuatro Caminos, Observatorio y Tacubaya), mientras que el 49% corresponde a viajes realizados dentro de la ZMVT.

La captación de viajes por unidad de transporte se ubica para el caso de la ZMVT en valores cercanos a los 168 pasajeros por día y, en el caso del transporte foráneo este valor promedio ronda los 300 pasajeros por unidad por día. En los casos de las rutas que operan desde los paraderos de Chapultepec y Tacubaya el valor se aproxima a los 200 pasajeros por unidad por día, mientras que en Cuatro Caminos este indicador se ve afectado por la diversidad de unidades que prestan el transporte y que hace que este índice ronde los 56 pasajeros por unidad por día.

Los índices de captación de pasajeros por kilómetro resultan bajos para las condiciones urbanas y suburbanas donde se presta este servicio, estando el indicador entre los 0.9 pasajeros por kilómetro hasta los 3.3. En el caso del transporte foráneo, el indicador se ve afectado por la longitud de ruta y la tendencia a que los ascensos se realizan en los puntos iniciales del derrotero en cuestión.

Por otra parte, las unidades correspondientes al poniente de la Ciudad de México operan llevando entre el 50 y el 60% de su capacidad en promedio durante todo el día, este mismo caso se da para el transporte foráneo. Sin embargo, la gran cantidad de unidades que se registran en la ZMVT ocasiona que éstas estén operando al 30% de su capacidad. Las bajas captaciones por unidad que se registran en Toluca hacen pensar en la posibilidad de un redimensionamiento de la red a partir de las acciones que se lleven a cabo en el corredor bajo estudio de tal forma que se incremente esta captación y se eficiente el servicio prestado.

Análisis Costo Beneficio del TITV

2.3.1. Análisis de la demanda actual

Para caracterizar la demanda actual en Transporte Público se realizó en el estudio de demanda un trabajo de campo integrado por tres tipos de estudio:

- Estudios para caracterizar la oferta de transporte
- Estudios para determinar el volumen de demanda de transporte: Aforos, Estudios de Frecuencias y Cargas y Estudios de Ascensos - Descensos
- Encuestas Origen – Destino y Encuestas de Preferencias Declaradas

El primero de estos estudios sirvió para identificar la oferta de transporte y sus resultados ya fueron analizados en el apartado de caracterización de la oferta de transporte.

En este apartado se analizarán los resultados de los otros estudios dirigidos a poder conocer tanto las características de la demanda de transportes en el corredor como su volumen y sus resultados se muestran a continuación.

A manera de resumen se presentan los trabajos realizados y la magnitud de los mismos

Figura 2-53. Trabajos de campo realizados para estimar oferta y demanda

ESTUDIO	CANTIDAD
Inventario de Rutas DF	32 Rutas
Inventario de Rutas Toluca	29 Rutas
Verificación de Rutas Foráneas	11 Empresas
Aforo con clasificación vehicular	10 Puntos
Frecuencia y carga	15 Puntos
Tiempos de recorridos y demoras	217 km
Ascenso y descenso y tiempos de recorrido	960 Corridas
Cierre de circuito	61 Rutas
Encuestas OD de interceptación (metro)	5351 Encuestas
Encuestas OD de interceptación (Foráneos)	4062 Encuestas
Encuestas OD de interceptación (Aeropuerto)	1500 Encuestas
Encuestas PD (Automovilista)	3083 Encuestas
Encuestas PD (Foráneo)	2784 Encuestas
Encuestas PD (Aeropuerto)	811 Encuestas

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF

Con la finalidad de identificar el objetivo de cada uno de los trabajos de campo realizados, se describen brevemente cada uno de ellos:

Inventario de rutas de transporte

La relevancia de realizar los inventarios de las rutas de transporte deriva de la necesidad de identificar la totalidad de las rutas concesionadas y saber cuántas de estas ostentan los derechos de explotación del derrotero, aún aquellas rutas que no se encuentran operando; así mismo es necesario para identificar aquellas rutas que operan de manera

Análisis Costo Beneficio del TITV

ilícita por ser “piratas” y finalmente para la cuantificación de la totalidad de rutas y unidades que operan hoy día sobre el corredor de interés; el inventario se llevó a cabo para las entidades federativas del DF y Toluca, no obstante el gran número de rutas que se identificaron (457) solo 61 de ellas tienen un impacto directo sobre la demanda del proyecto del tren.

Verificación de Rutas Foráneas

La verificación de las rutas foráneas también se realizó con los mismos fines que el inventario de las rutas de transporte, lo anterior debido a que a algunas personas les resulta conveniente tomar este transporte en vez del público convencional, en tal circunstancia es necesario determinar el número de personas que se desplazan de manera regular en camiones foráneos; la información de la regularidad de los viajes se obtiene directamente de las encuestas Origen-Destino.

Aforos con clasificación vehicular

Los aforos con clasificación vehicular son conteos de vehículos que permiten determinar la variación horaria y en consecuencia la “Hora de Máxima Demanda”, así como saber el tipo de vehículo que circula sobre las vialidades de interés.

Estudios de frecuencia de paso

Realizados los aforos se realizaron los estudios de frecuencia de paso con Índice de Ocupación, la diferencia con los aforos es que se identifica plenamente a cada una de las rutas de transporte y se determina su ocupación en un punto dado, así para cada ruta como para cada empresa se sabe su participación dentro del mercado, su particular hora de máxima demanda y su posible afectación por disminución de demanda.

Ascensos y descensos

El estudio permite estimar los ascensos y descensos de los pasajeros a lo largo del recorrido, con la finalidad de determinar la ocupación máxima de las unidades, el punto en donde se alcanza la máxima ocupación, los puntos de conexión, el tiempo de recorrido, los lugares en donde se realizan las paradas, las estaciones con mayor demanda, etc. El estudio se llevó a cabo sobre unidades de transporte público de 6:00 a 14:00 h.

Encuestas de Origen y Destino

Como parte del esfuerzo de recopilación de información documental, se han analizado las bases de datos desarrolladas por el INEGI como parte de la Encuesta Origen – Destino de los Residentes de la Zona metropolitana del Valle de México 2007 (EOD 2007). La encuesta fue desarrollada por medio de un convenio con los gobiernos del Distrito Federal y el Estado de México.

La encuesta tuvo por objetivo investigar información acerca de los viajes que en días laborables realiza la población de 6 años o más al interior de la ZMVM. La EOD 2007 se levantó en el año 2007 y se visitaron casi 56,000 viviendas que geográficamente se distribuyeron en las 16 delegaciones del Distrito Federal y 40 municipios del Estado de México.

Análisis Costo Beneficio del TITV

La EOD 2007 brinda información sobre la frecuencia, duración, costos, tipos, medios y propósitos de los viajes que la gente efectúa cotidianamente en la ZMVM. Asimismo, la encuesta captó datos sobre las características sociodemográficas más relevantes de los viajeros, así como de las viviendas en las que habitan y su integración en hogares.

La EOD 2007 es una fuente de información básica que permite conocer la movilidad de la población de la ZMVM, la cual se actualiza y complementa con encuestas referidas al proyecto o situación a estudiar a través de diferentes métodos de análisis. En el presente estudio, el objetivo será desarrollar un modelo de demanda basado en esta información y que después será complementada con la información recopilada en campo a través de las encuestas origen – destino a bordo de las unidades.

Para ello se realizó el análisis a la base de datos obtenida y posteriormente se procedió a la expansión de la base de datos con el objetivo de estimar matrices origen – destino de la zona en influencia. Así mismo, se realizaron los análisis descriptivos de la base de datos que permiten conocer características básicas de la demanda potencial del Tren México – Toluca.

Encuestas de Preferencia Declarada

Al igual que las encuestas OD, se aplicó de manera aleatoria a una sub muestra de la encuesta OD, la finalidad de dicha encuesta es determinar el número de pasajeros que estarían dispuestos a cambiar el modo de transporte actual por el tren, lo anterior bajo ciertos supuestos como un tiempo de recorrido menor, una tarifa social, etc.

A continuación se describe el desarrollo de cada uno de los estudios realizados.

Encuestas Origen Destino

Las encuestas Origen Destino se realizaron con la técnica de interceptación (entrevistando al viajero en el transcurso de su viaje) en diferentes puntos de la red de transporte público.

La cédula de encuesta utilizada se presenta en la siguiente figura:

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-54. Cédula de la encuesta OD

 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	Encuesta Origen - Destino	
--	---	--

Encuestador: _____ **Fecha:** _____

Nombre completo

Supervisor: _____ **Sentido**

N-S	S-N
P-O	O-P

Nombre completo

Se encuesta en:

☐ Central de Autobuses	☐ Parada de transporte	☐ Unidad de transporte	☐ Base de transporte
☐ Auto en luz roja	☐ Auto estacionado	☐ Bahía en carretera	☐ Aeropuerto

Ubicación/Ruta: _____

Marque el periodo:

5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12
12 a 13	13 a 14	14 a 15	15 a 16	16 a 17	17 a 18	18 a 19

1. ¿De qué colonia viene? _____ CÓDIGO
2. Mencione una Calle o una referencia: _____ CÓDIGO
3. Municipio/Delegación: _____ CÓDIGO Estado: _____ CÓDIGO
4. ¿Hacia qué colonia se dirige? _____ CÓDIGO
5. Mencione una Calle o una referencia: _____ CÓDIGO
6. Municipio/Delegación: _____ CÓDIGO Estado: _____ CÓDIGO
7. El motivo de su viaje es ir a:

☐ Casa	☐ Trabajo	☐ Escuela	☐ Visitar familiares/amigos
☐ Recreación	☐ Trámites	☐ Médico	☐ Otros

Especifique _____

8. ¿Favor explique qué transportes toma para llegar a su destino final, el tiempo que tarda y el costo del pasaje de cada uno?

	ORIGEN														DESTINO
Modo	1	+		1	+		1	+		1	+		1	+	
tiempo		+			+			+			+			+	
costo	0	+		0	+		0	+		0	+		0	+	

MODOS DE TRANSPORTE

1	Caminata	2	Microbús	3	Combi	4	Autobús urbano	5	Metro	6	Autobús suburbano
7	Metrobús	8	Taxi	9	Auto	10	Bicicleta	11	Moto	12	Otro _____

9. ¿Cuántas **veces a la semana** realiza este mismo recorrido?

☐ Ocasionalmente	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ Más de 7 veces. Especifique cuántas más: _____ veces	
10. ¿Cuál es su ocupación?

☐ empleado	☐ comerciante	☐ ama de casa	☐ estudiante
☐ otro Especificar por favor _____			
11. ¿Cuál es su último grado de estudios?

☐ Ninguno	☐ Primaria	☐ Secundaria	☐ Prepa o equivalente
☐ Universidad ☐ otro Especificar por favor _____			
12. ¿En qué rango estima están sus ingresos mensuales?

☐ Sin ingresos	☐ Menos de \$2,000	☐ \$2,001 a \$4,000
☐ \$4,001 a \$6,000	☐ \$6,001 a \$8,000	☐ \$8,001 a \$10,000
☐ \$10,001 a \$12,000	☐ más de \$12,001	

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Encuestas OD de interceptación en transporte urbano y transporte privado

Se levantaron en el estudio de demanda un total de 5,351 encuestas OD de interceptación en transporte urbano de las cuales 2,692 fueron realizadas a bordo de las rutas que prestan su servicio en la Ciudad de México y 2,659 se aplicaron

Análisis Costo Beneficio del TITV

a los usuarios de transporte público urbano y suburbano que presta su servicio en el Valle de Toluca. Así mismo se aplicaron encuestas OD a usuarios de transporte privados en magnitud similar a la de transporte público.

Encuestas OD de interceptación en terminales de autobuses foráneos

La encuesta fue diseñada y aplicada con el fin de conocer el comportamiento de los viajes en transporte foráneo que salen de la zona de Toluca hacia el Valle de México y viceversa. Se recopiló un total de 4,062 encuestas quedando de la siguiente manera:

- 1,029 encuestas OD de interceptación levantadas en Cuatro Caminos
- 1,010 encuestas OD de interceptación levantadas en la Terminal de Autobuses Poniente
- 2,023 encuestas OD de interceptación levantadas en la Terminal de Autobuses Toluca

Encuestas OD de interceptación en el Aeropuerto de Toluca

El levantamiento de estas encuestas se realizó tanto en la sala de espera del aeropuerto como en la zona de alimentos, obteniéndose 1,500 encuestas.

Encuestas OD de interceptación en el metro

La encuesta de OD de interceptación en metro (Observatorio, Tacubaya y Cuatro caminos) fue diseñada y aplicada para identificar la predilección y tendencia de los usuarios potenciales al Tren Toluca – México y que actualmente realizan parte de su cadena de viajes utilizando este sistema de transporte masivo. Se levantaron un total de 2,268 encuestas en las estaciones del metro antes mencionadas.

Encuestas de preferencias declaradas

Las encuestas de preferencias declaradas se realizaron de forma similar a las de origen-destino, interceptando al viajero en el transcurso de su viaje, pero incluyendo en las preguntas un experimento de preferencias declaradas.

La sección de preferencias declaradas fue diseñada para construir experimentos cuantitativos y cualitativos que permitieran evaluar la preferencia del entrevistado al nuevo sistema de transporte masivo propuesto.

El proceso de aplicación de encuesta incluyó los siguientes pasos:

1. Breve introducción sobre el motivo de la encuesta.
2. Identificación del origen de viaje (Distrito Federal o Estado de México).
3. Identificación del tipo de viaje (Corto o Largo).

Luego de identificar los tipos de origen y viaje, el encuestador presentaba y explicaba los dos tipos de tarjeteros a aplicar.

1) Para cada tarjetero se debería considerar y elegir entre dos tipos de escenarios:

Análisis Costo Beneficio del TITV

- El primer escenario representaba un tipo de viaje similar al que el encuestado está actualmente habituado.
- El segundo escenario se planteaba con el nuevo sistema conformado por un Tren de pasajeros.

2) Para uno de los escenarios, se tenía que declarar el valor que estaría dispuesto a pagar por realizar un viaje con las mismas condiciones pero ahora con el propuesto Tren suburbano:

- Se muestra el escenario que representaba un tipo de viaje similar al que el encuestado está actualmente habituado.
- Escenario con el nuevo sistema conformado por un Tren el cual incluye un rango con un precio máximo. El encuestado elige el precio que estaría dispuesto a pagar.

Figura 2-55. Tarjeta para los usuarios de la Autopista México - Toluca

Tarjeta 9 de 9			
Autopista México - Toluca		Tren México - Toluca	
			
Costo total viaje	65 pesos	Costo total viaje	100 pesos
Tiempo de viaje	0 hrs 40 min	Tiempo de Viaje	0 hrs 30 min
		Ahorro en tiempo de viaje	10 min
		Frecuencia	Cada 5 min

A

B

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-56. Tarjeta para los usuarios del Transporte Urbano

Tarjeta 1 de 9			
Autobús		Tren México - Toluca	
			
Costo total viaje	6 pesos	Costo total viaje	20 pesos
Tiempo de viaje	1 hrs 0 min	Tiempo de Viaje	0 hrs 20 min
		Ahorro en tiempo de viaje	40 min
Frecuencia	Cada 12 min	Frecuencia	Cada 12 min
A		B	

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Figura 2-57. Tarjeta para los Usuarios del Transporte Foráneo

Tarjeta 1 de 9			
Autobús		Tren México - Toluca	
			
Costo total viaje	45 pesos	Costo total viaje	80 pesos
Tiempo de viaje	1 hrs 50 min	Tiempo de Viaje	0 hrs 45 min
		Ahorro en tiempo de viaje	65 min
Frecuencia	Cada 12 min	Frecuencia	Cada 12 min
A		B	

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Encuestas de Preferencias Declaradas a Automóviles

La encuesta de preferencia declarada fue diseñada y aplicada para identificar la predilección y tendencia de los usuarios potenciales al Tren Toluca – México y que actualmente utilizan un automóvil para hacer tal recorrido. Ese recorrido lo realizan ya sea por la Carretera Federal México – Toluca, por la Autopista Santa Fe – La Marquesa y la Carretera Naucalpan – Toluca.

Análisis Costo Beneficio del TITV

La encuesta fue aplicada directamente al usuario en los lugares de ruta de viajes potenciales al proyecto. Específicamente, la ubicación de encuesta fue la siguiente:

- Caseta La Venta de la Autopista Santa Fe – La Marquesa
- Kilómetro 13+000 de la Carretera Federal México – Toluca
- Kilómetro 12+500 de la Carretera Federal Naucalpan – Toluca

Las encuestas dirigidas a usuarios del transporte privado fueron realizadas directamente al conductor a través de habilitación de bahías de encuesta en las tres carreteras antes mencionadas, estas fueron un total de 3,083 encuestas.

Encuestas de Preferencias Declaradas en Autobuses Foráneos

La encuesta de preferencia declarada fue diseñada y aplicada para identificar la predilección y tendencia de los usuarios potenciales al Tren Toluca – México y que actualmente utilizan algún medio de transporte público para hacer tal recorrido. Ese recorrido lo realizan ya sea por la Carretera Federal México – Toluca, por la Autopista Santa Fe – La Marquesa y la Carretera Naucalpan – Toluca. Por otra parte, también se encuestó a los usuarios de transporte urbano tanto en la Ciudad de México como en Toluca que podrían utilizar el Tren en algún tramo suburbano, por ejemplo, un viaje a Santa Fe, a Naucalpan o en la zona de Toluca un viaje a Lerma, Ocoyoacac o al Aeropuerto de Toluca.

La encuesta fue aplicada directamente al usuario en los lugares de ruta de viajes potenciales al proyecto. Específicamente, la ubicación de encuesta fue la siguiente:

- Centro de Transferencia Modal Observatorio
- Centro de Transferencia Modal Tacubaya
- Centro de Transferencia Modal Chapultepec
- Centro de Transferencia Modal Cuatro Caminos
- Av. Gustavo Baz
- Terminal de Transporte Foráneo Observatorio
- Terminal de Transporte Foráneo Cuatro Caminos
- Terminal de Transporte Foráneo de Toluca

Las encuestas dirigidas a usuarios del transporte público foráneo fueron realizadas directamente al pasajero ya sea antes del abordaje o después del descenso de la unidad de transporte. Se levantaron 2,784 encuestas de preferencia declarada en las terminales antes descritas.

Encuestas de Preferencias Declaradas en el Aeropuerto de Toluca

La encuesta se realizó en la zona de alimentos y en la sala de espera del aeropuerto de Toluca levantando un total de 811 encuestas aplicadas a las personas que confluyen en esta zona.

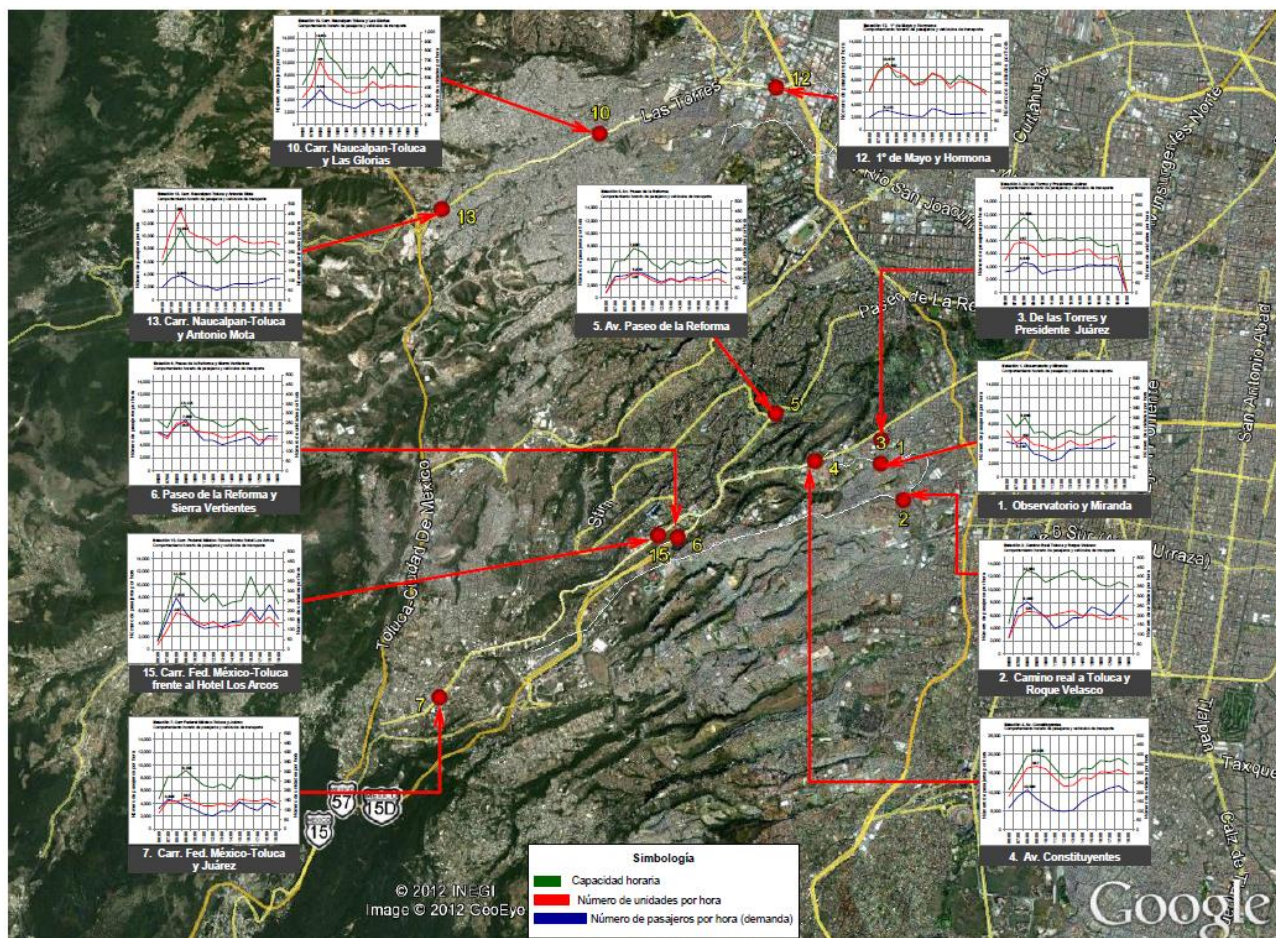
Análisis Costo Beneficio del TITV

Estudio de Frecuencia de Paso y Ocupación Visual (FOV)

El estudio de frecuencia de paso y ocupación visual (carga) fue realizado en las vialidades más representativas de la zona en estudio entre las que se encuentran Av. Constituyentes, Av. Reforma, Carretera Naucalpan – Toluca, Av. 1° de mayo, Carretera Libre México Toluca, Av. Solidaridad las Torres (Toluca) y Av. Paseo Tollocan (Toluca).

En las figuras siguientes se muestran el resultado de los 15 puntos de frecuencia de paso y ocupación visual (carga).

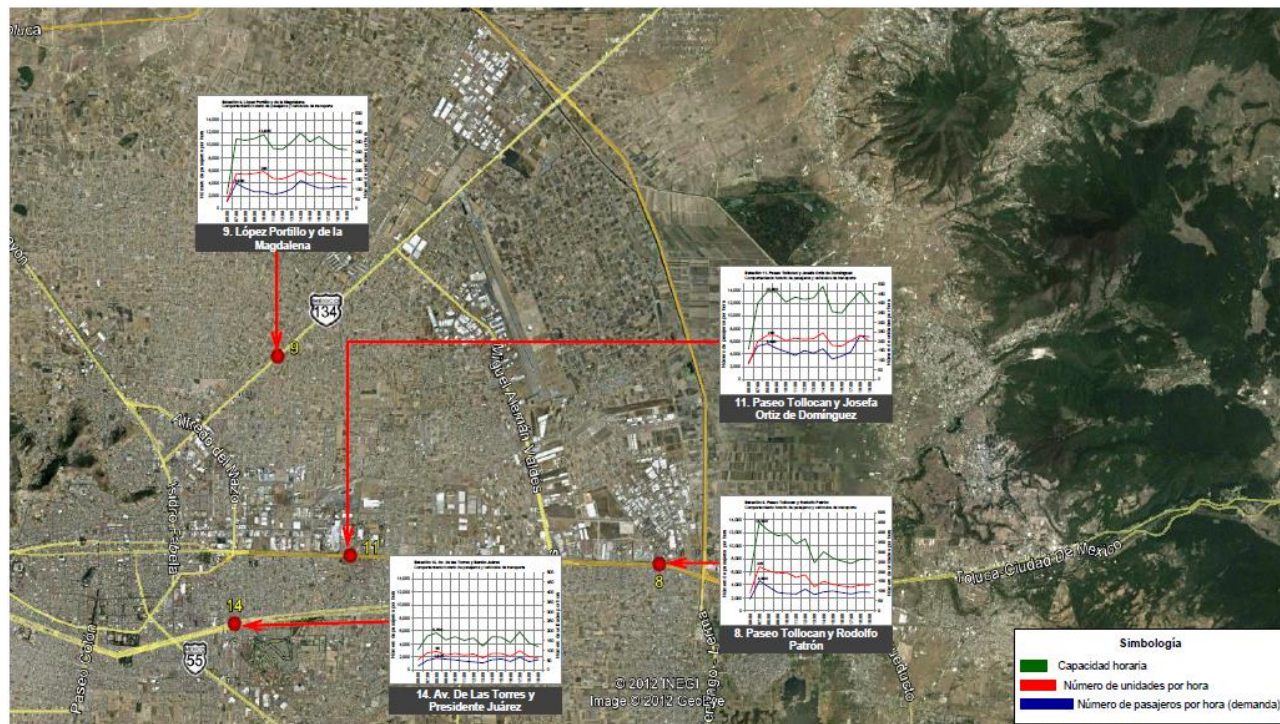
Figura 2-58. Resultado de once puntos de frecuencia de paso y ocupación visual en la parte de México



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-59. Resultado de cuatro puntos de frecuencia de paso y ocupación visual en la parte de Toluca



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Estudios de Ascensos y Descensos

Del estudio de verificación de recorridos, paradas e infraestructura existente, se elaboró el formato pre llenado para el estudio de ascensos y descensos de 32 rutas en el Valle de México y 29 rutas de la Ciudad de Toluca.

La metodología aplicada para llevar a cabo este estudio fue la siguiente:

- En las unidades tipo combi fue necesario abordar a un aforador por unidad en el periodo de estudio (06:00 a 14:00 horas)
- Para el caso de los autobuses se subieron a dos aforadores, esto con el fin de identificar con mayor claridad el número de pasajeros que subían y bajaban a lo largo del recorrido de la unidad.

Abordo de las unidades, los aforadores registraron:

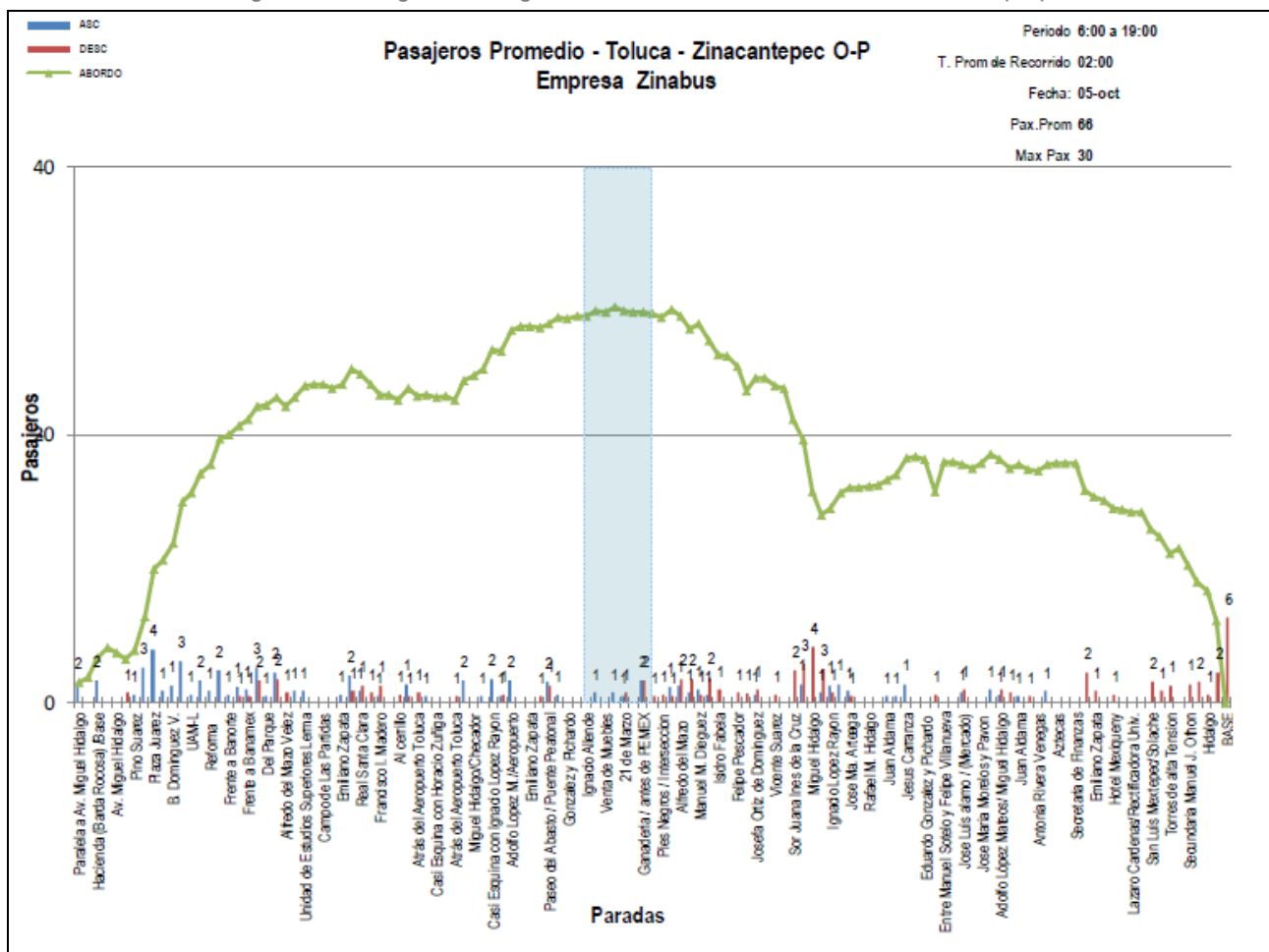
- El nombre de la ruta
- El nombre de la empresa
- La fecha correspondiente a la realización del estudio
- La hora de salida de la terminal de origen

Análisis Costo Beneficio del TITV

- La hora de llegada a la terminal de destino
- El tiempo de recorrido que realizó la unidad de la terminal de origen a la terminal de destino
- El tipo de unidad (Autobús, minibús, combi, etc.)
- Los ascensos y descensos que se llevaron a cabo en cada parada o sección predeterminada de la ruta.

De los resultados obtenidos para este estudio en las 61 rutas, se muestra en las figuras siguientes el polígono de carga correspondiente a la ruta Toluca-Zinacantepec, mostrando el número de ascensos y descensos por parada, el número de pasajeros a bordo a lo largo del recorrido, indicando, asimismo la parada con el mayor número de pasajeros a bordo y el tiempo promedio de recorrido por sentido.

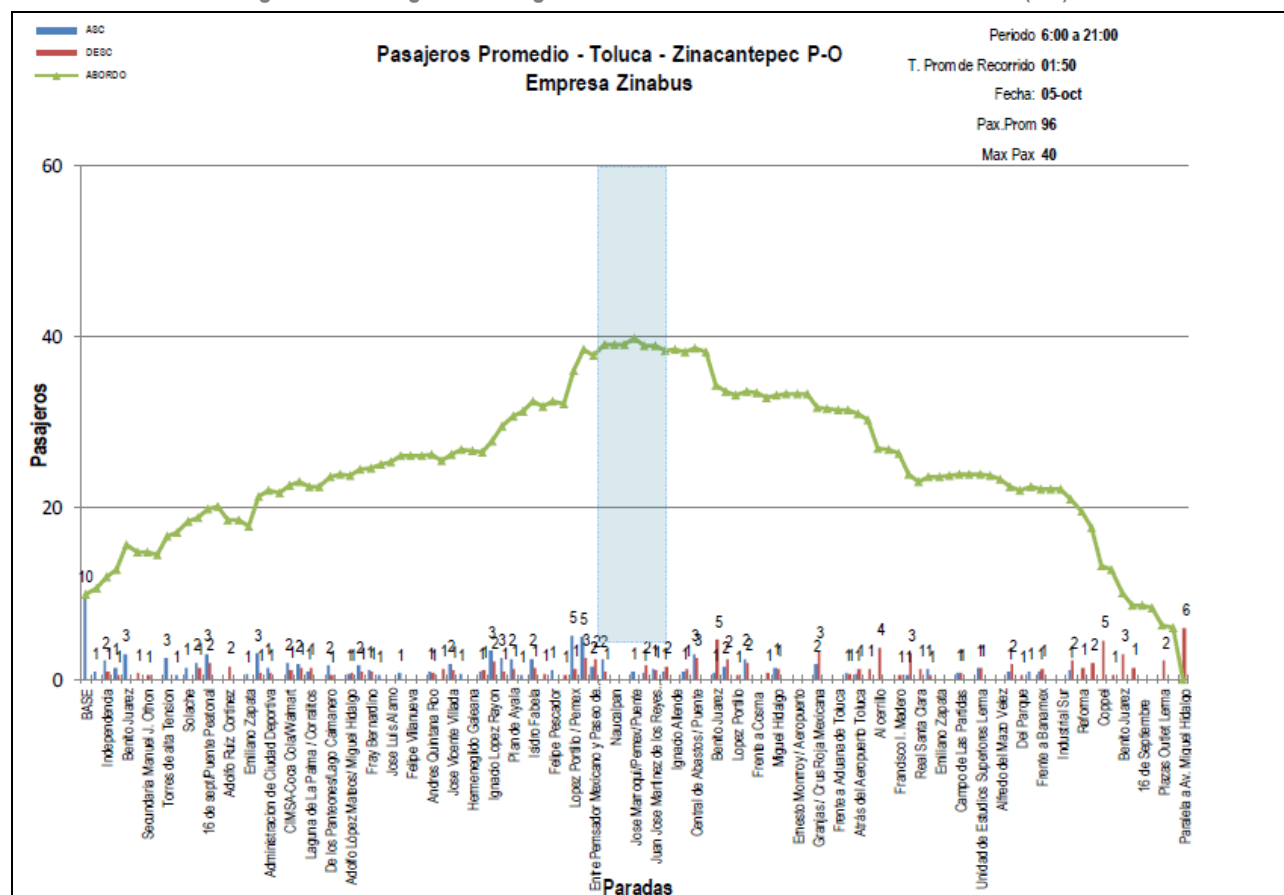
Figura 2-60. Polígono de carga resultado del estudio de ascenso-descenso (OP)



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-61. Polígono de carga resultado del estudio de ascenso-descenso (PO)



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

2.3.2. Caracterización de la demanda actual en transporte privado

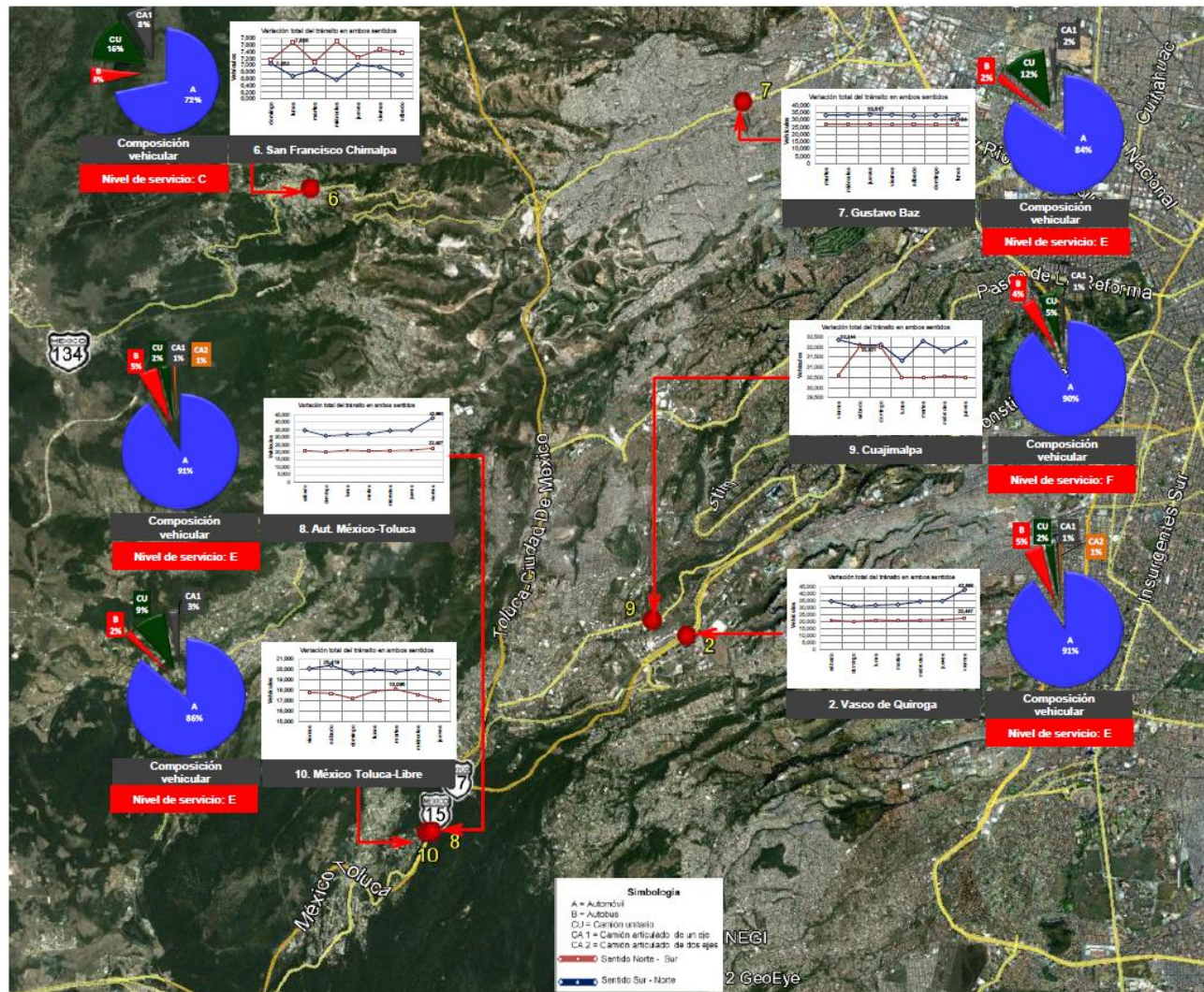
Para la caracterización de la demanda actual en transporte privado se llevaron a cabo 10 estaciones de aforos automáticos con clasificación vehicular. El objetivo de este estudio es observar el comportamiento horario y diario de la demanda potencial durante diferentes días de operación de las carreteras consideradas de influencia.

Esta información es muy valiosa, ya que de forma conjunta con los aforos manuales y los aforos históricos de la carretera, se puede analizar la estacionalidad de la demanda y estimar el Tránsito Diario Promedio Anual por tipo de vehículo a modelar.

La estación de aforo automático se aplicó una semana completa durante las 24 horas continuas, las siguientes figuras muestran las ubicaciones y los resultados de las estaciones de aforo automático.

Análisis Costo Beneficio del TITV

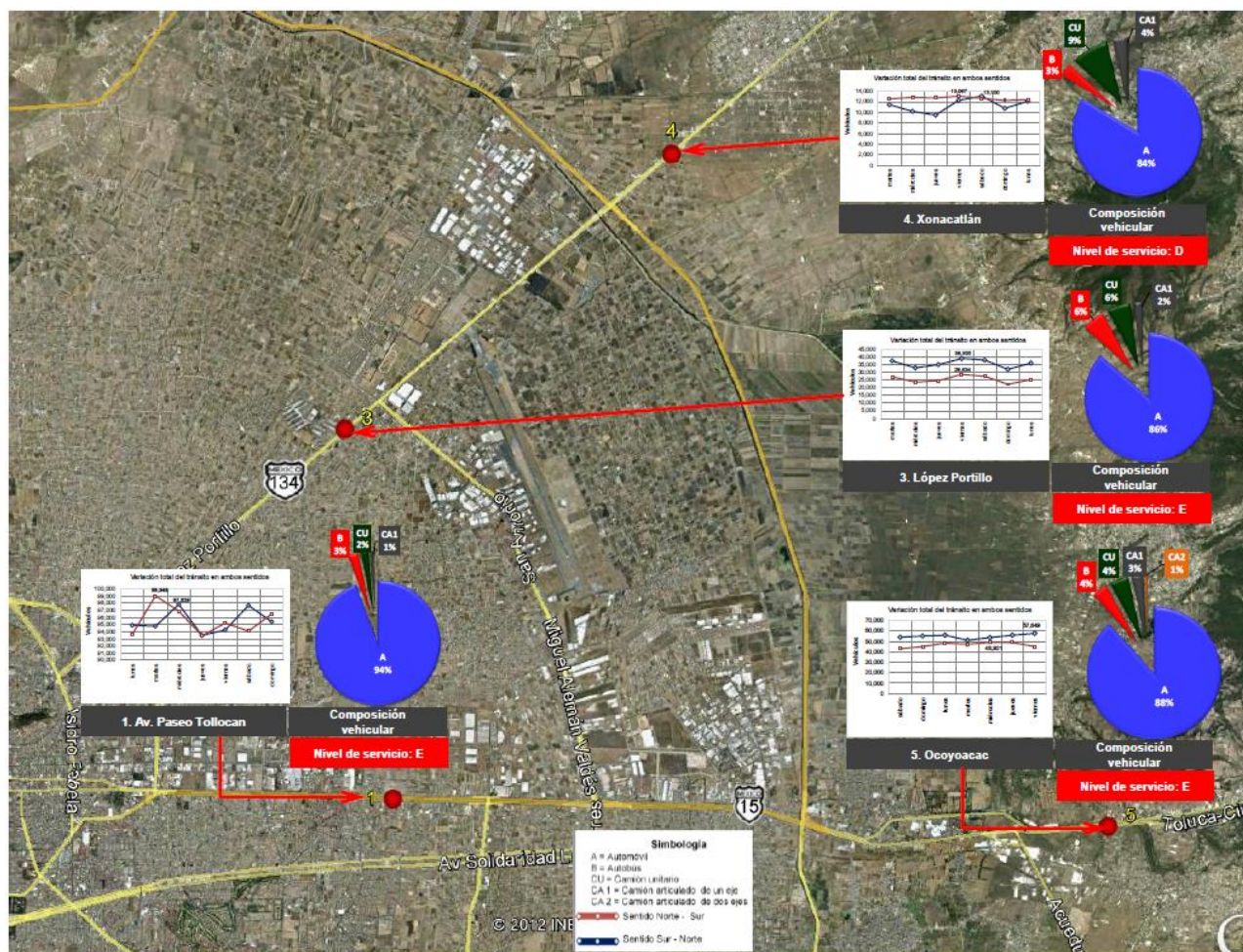
Figura 2-62. Resultado de 6 puntos de aforo



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-63. Resultado de 4 puntos de aforo en Toluca



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

El volumen de tráfico proveniente de los contadores automáticos se calibró con el volumen obtenido del conteo manual clasificado en cada estación. De esta manera, la relación entre el conteo manual para automático por sentido, y el conteo del equipo define el factor de calibración del equipo automático.

2.3.3. Expansión de la matriz de la encuesta

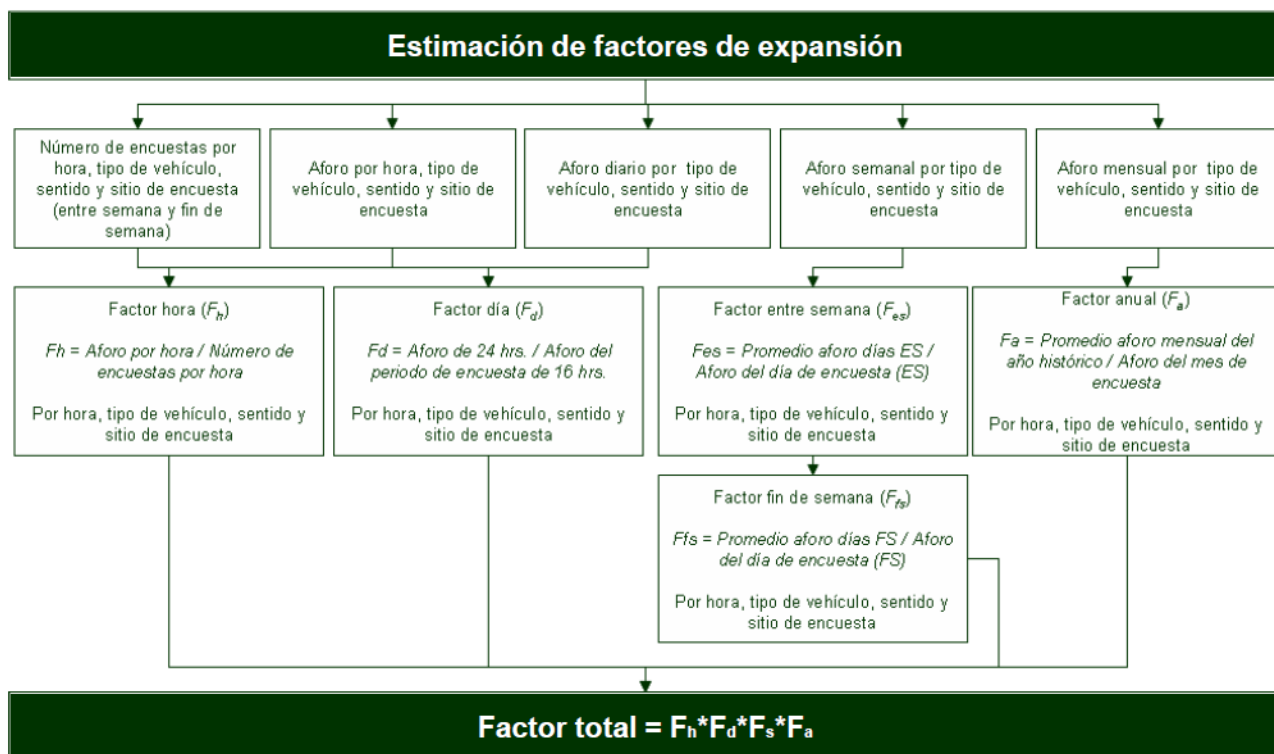
La muestra de encuestas origen-destino obtenida a través de los estudios de campo representa una parte del total de la demanda potencial del proyecto analizado, por lo que se requiere expandir la muestra para estimar matrices origen-destino que representen el patrón y cantidad de viajes para el periodo de modelación seleccionado. La muestra encuestada está afectada por una estacionalidad que varía de acuerdo con el día y mes en los cuales se recopiló la información.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Dicha estacionalidad debe ser normalizada para que la información sea representativa de un día de operación promedio de la vía durante cualquier época del año. Esta estacionalidad es representada por épocas vacacionales o periodos de baja actividad económica.

Para tener en cuenta esta estacionalidad se deben estimar unos factores de expansión que la consideren, la metodología seguida para estimar estos factores se muestra en siguiente figura:

Figura 2-64. Estimación de factores de expansión



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Metodología para estimar factores de expansión

Los factores de expansión, como su nombre lo señala, expanden la muestra para que representen la totalidad del tránsito de la vía y además remuevan la estacionalidad del periodo en que se levantaron las encuestas. La metodología se ilustra en la figura anterior y cada factor de expansión se describe a continuación.

1. Factor horario (F_h): este factor sirve para expandir la muestra de encuestas tomada durante una hora al total de vehículos o pasajeros que circularon durante la misma hora. Se estima un factor por cada hora de encuesta, por sentido de circulación, por fecha y por sitio de encuesta, utilizando la expresión de la ecuación siguiente.

Análisis Costo Beneficio del TITV

$$Fh_{ijkl} = \frac{n_{ijkl}}{N_{ijkl}}$$

Dónde:

- Fh_{ijkl} es el factor hora,
- N_{ijkl} es el número de encuestas recopiladas; y
- n_{ijkl} es el aforo vehicular o de pasajeros;
- i es la hora de encuesta,
- j es el tipo de vehículo o pasajeros;
- k es el sentido de circulación; y
- l es la fecha de encuesta.

En caso de que no existan encuestas de un vehículo o pasajeros en particular para algunas horas del periodo de aforo, la expresión anterior puede ser sustituida por la ecuación siguiente.

$$Fh_{ijkl} = \frac{\sum n_{jkl}}{\sum N_{jkl}}$$

Dónde:

- Fh_{ijkl} es el factor hora,
- $\sum N_{jkl}$ es la suma de encuestas recopiladas durante todo el periodo de encuesta (24 hrs.); y
- $\sum n_{jkl}$ es la suma aforo vehicular para el mismo periodo (24 hrs.);
- j es el tipo de vehículo;
- k es el sentido de circulación; y
- l es la fecha de encuesta.

- Factor diario (Fd): este factor sirve para expandir la muestra de encuestas tomada durante el horario de levantamiento de información al total de vehículos aforados en el día. Este factor se aplica si el periodo de encuesta fue menor a 24 horas. Se estima un factor por tipo de vehículo o pasajeros, por sentido de circulación, por fecha y por sitio de encuesta, de acuerdo a la expresión de la ecuación siguiente.

$$Fd_{ijk} = \frac{Aforo24_{ijk}}{Aforon_{ijk}}$$

Dónde:

- Fd_{ijk} es el factor día;
- $Aforo24_{ijk}$ es el total del aforo vehicular o pasajeros de 24 horas;
- $Aforon_{ijk}$ es el aforo vehicular o pasajeros total de n horas;

Análisis Costo Beneficio del TITV

- i es el tipo de vehículo o pasajeros;
 - j es el sentido de circulación; y
 - k es la fecha de encuesta. En este caso que se encuestan las 24 horas, este factor no aplica.
3. Factor semanal (F_s): debido a que los comportamientos de los flujos vehiculares o pasajeros son diferentes para cada día de la semana, es necesario estimar factores de expansión para cada periodo (entre semana y fin de semana). Se estima un factor por tipo de vehículo o pasajeros, por sentido de circulación, por fecha y por sitio de encuesta, utilizando la expresión mostrada en la ecuación siguiente.

$$F_{s_{ijk}} = \frac{Aforo_Semana_{ij}}{Aforo_Dia_{ijk}}$$

Dónde:

- $F_{s_{ijk}}$ es el factor de día entre semana ó fin de semana;
 - $Aforo_Semana_{ijk}$ es el promedio del aforo vehicular o pasajeros entre semana ó fin de semana;
 - $Aforo_Dia_{ijk}$ es el aforo vehicular o pasajeros total del día que se levantó la encuesta;
 - i es el tipo de vehículo o pasajeros;
 - j es el sentido de circulación; y
 - k es la fecha de encuesta.
4. Factor anual (F_a): este factor se debe a las variaciones de flujo mensual (estacionalidad anual) que se presentan en el tránsito vehicular o pasajeros a lo largo de un año. Se estima un factor por tipo de vehículo o pasajeros solamente, de acuerdo a la expresión contenida en la ecuación siguiente

$$F_{a_i} = \frac{Aforo_Mensual_i}{Aforo_Mes_i}$$

Dónde:

- F_{a_i} es el factor anual para el tipo de vehículo o pasajeros i ;
 - $Aforo_Mensual_{ijk}$ es el promedio del aforo vehicular o pasajeros de los 12 meses del año para el tipo de vehículo i o pasajeros; y
 - $Aforo_Mesi$ es el aforo vehicular o pasajeros total del mes en que se levantó la encuesta para el tipo de vehículo i .
5. Factor total (F_t): este factor abarca la expansión horaria y diaria de las encuestas junto con la desestacionalización por el día y mes en que se levantaron las encuestas. La estimación se hace de acuerdo a la ecuación siguiente:

Análisis Costo Beneficio del TITV

$$Ft_{ijkl} = Fh_{ijkl} \cdot Fd_{ijkl} \cdot Fs_{jkl} \cdot Fa_j$$

Dónde:

- Ftijkl es el factor total;
- Fhijkl es el factor hora;
- Fdijkl es el factor día;
- Fsijkl es el factor semana;
- Fal es el factor anual;
- i es la hora de encuesta,
- j es el tipo de vehículo;
- k es el sentido de circulación; y
- l es la fecha de encuesta.

Al final del proceso de expansión, se obtuvieron matrices origen – destino para cada estrato de demanda de interés.

Obtención matriz OD2007+OD2012

El proceso de expansión de la muestra origen-destino fue realizado para la región en donde se llevaron a cabo las encuestas. Sin embargo, la región no representa el total de la zona en estudio. Por lo tanto, fue necesario actualizar la matriz de viajes para las demás zonas de la ciudad. Para ello, se utilizó la metodología de ajuste por conteos vehiculares y pasajeros. La información utilizada en este estudio acerca del origen, el destino y el motivo de viajes vehiculares fue extraída de los resultados de la encuesta INEGI, aplicada en el año de 2007, y de las obtenidas de los distintos estudios realizados y mencionados previamente.

Con base en lo anterior, el desarrollo de las matrices de origen-destino para este estudio, se obtiene a partir del ajuste de las matrices disponibles por el “Método de Conteos”, el cual es ampliamente utilizado para la generación de matrices de origen-destino a partir de matrices resultado de estudios anteriores y/o de información socioeconómica y de análisis de aforo en puntos clave de la red de influencia.

Los métodos de ajuste de matrices por conteos permiten la obtención de resultados confiables sobre el origen y destino de los viajes, utilizando datos de información disponible. Esta metodología obedece a la necesidad de buscar procedimientos alternativos a la encuesta de origen-destino, motivados por los múltiples problemas que giran alrededor de éstas, tales como costos excesivos, tiempo demasiado largo y problemas severos de orden técnico relacionados principalmente con la confiabilidad estadística de los resultados, con la validez de los sistemas de muestreo, con los sistemas y métodos de zonificación, con información complementaria asociada a cada zona y con el tamaño de la muestra.

De manera muy general, la explicación básica de esta metodología consiste en que los volúmenes vehiculares pueden ser interpretados como la combinación de dos elementos: una matriz de origen-destino y un patrón de selección de rutas por los viajeros de la red vial.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Estos dos elementos pueden estar linealmente relacionados a los volúmenes de tránsito, pero bajo circunstancias normales, nunca habrá suficientes conteos para identificar una sola matriz como la única fuente de los flujos observados. Los conteos por si solos no son suficientes para estimar una matriz de O-D, es necesario contar con información adicional. El ajuste por conteos puede realizarse tanto a matrices de transporte privado como de transporte público. En este caso, los conteos vehiculares de transporte privado sirvieron para actualizar las matrices de viaje de tal transporte. Los conteos de pasajeros, a partir de los estudios de frecuencia y ocupación visual, fueron utilizados para actualizar la matriz de viajes de transporte público.

Heinz Speiss (1987) desarrolló una metodología, que posibilita la utilización de ajustes por conteos. El Algoritmo de Speiss se basa en el método del gradiente, que toma como base la matriz desarrollada a partir de encuestas de origen previas y la ajusta a través de la reproducción de los volúmenes vehiculares de la mejor forma posible. Este problema es resuelto con un enfoque de optimización, cuyo objetivo es minimizar la diferencia entre los volúmenes asignados y los observados.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-14. Datos e indicadores de demanda en transporte público

ESTACIÓN TERMINAL	BANDERA	EMPRESA	DEMANDA DIARIA [pas/día]	CAPTACIÓN [viajes-persona]			ROTACIÓN	ASCENSOS POR VUELTA	FACTOR DE CARGA
				Por unidad	Por kilómetro	Máxima por unidad por comda			
Chapultepec	Cuajimalpa-Contadero-Yaqui	Ruta 76	3,102	107.0	2.1	30	2.1	94	0.4
	La Villa por Palmas - Santa Fe	RTP	4,592	287.0	3.2	35	3.7	164	0.5
	Cuajimalpa - Contadero - Yaqui	Ruta 114 Monte de las Cruces	9,680	268.9	4.1	47	2.7	176	0.7
	La Villa - Santa Fe	Corredor Bicentenario	5,928	152.0	3.2	37	3.2	156	0.5
	SUMA		23,302						
	PROMEDIO		5,826	203.7	3.2	37	2.9	148	0.5
Cuatro Caminos	Toreo - Maguallera	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	637	9.4	0.3	10	0.3	13	1.0
	Toreo - Chimalpa - Hielo Cumbres	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	1,352	34.7	0.5	11	1.4	26	0.6
	Toreo - Calzada Guadalupe	Cuartos Capulin y Ramales, SAdCV	832	27.7	0.8	9	0.4	13	0.9
	Toreo - Xochicuautla	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	2,992	130.1	0.5	20	1.2	44	0.3
	Toreo - Huixquilucan	Transportes Colectivos Ruta 85	7,176	125.9	2.1	27	2.9	104	0.8
	Toreo - Huixquilucan	Asociación de Propietarios de Autotransporte	9,108	121.4	2.3	28	3.9	138	0.4
	Viga - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	871	10.9	0.2	10	0.3	13	1.0
	Chimalpa - Cuatro Caminos	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	1,260	22.1	0.6	11	1.5	28	0.6
	Toreo - Santa Cruz	Propietarios Asociados Huixquilucan	4,056	184.4	1.3	31	1.5	78	0.4
	Toreo - Chimalpa Guarda	Tacuba Huixquilucan y Anexas SAdCV	558	13.6	0.3	9	1.0	18	0.5
	SUMA		28,842						
	PROMEDIO		2,884	68.0	0.9	17	1.4	48	0.6
Observatorio	Observatorio - San Juan Chimalpa	Monte de las Cruces, SAdCV	3,168	198.0	2.2	31	2.1	96	0.4
	Observatorio - Santa Fe	Ruta 5	4,875	110.8	3.4	36	1.1	75	0.5
	Observatorio - Acopilco	Monte de las Cruces, SAdCV	2,288	99.5	2.3	39	1.3	88	0.5
	Observatorio - Huixquilucan	Monte de las Cruces, SAdCV	4,832	230.1	3.1	43	2.5	151	0.6
	SUMA		15,163						
	PROMEDIO		3,791	159.6	2.7	37	1.7	103	0.5
Tacubaya	Tacubaya - La Marquesa	Ruta 4	7,020	390.0	2.7	54	1.9	156	0.8
	Tacubaya - Santa Fe	Ruta 5	5,593	70.8	2.2	33	0.4	47	0.5
	Tacubaya - Acopilco	Ruta 4	4,025	268.3	2.8	39	1.9	115	0.5
	Tacubaya - Acopilco	RTP	2,925	225.0	2.8	36	2.3	117	0.5
	Tacubaya - Navidad	Ruta 4	5,247	131.2	3.7	46	1.2	99	0.6
	Tacubaya - Santa Fe - La Loma	Ruta 5	4,800	126.3	3.8	33	1.3	75	0.5
	Tacubaya - Chimalpa	RTP	4,292	357.7	3.9	45	2.3	148	0.6
	Tacubaya - Santa Rosa	Ruta 5	4,960	183.7	4.2	48	2.2	155	0.7
	Tacubaya - Huixquilucan	Ruta 4	8,460	206.3	3.5	56	2.2	180	0.8
	Tacubaya - Piedras por Bosques	RTP	3,842	183.0	3.2	43	1.6	113	0.6
	Tacubaya - La Pila	RTP	3,220	230.0	2.6	45	1.6	115	0.6
	Tacubaya-Santiago	Ruta 4	1,474	46.1	1.8	36	0.9	67	0.5
	Tacubaya - Santa Fe Coral	Ruta 5	6,888	132.5	5.1	35	2.5	123	0.5
	Tacubaya - San ta Fe - Coral - Sheraton - 3M	Ruta 5	4,876	128.3	4.3	34	1.7	92	0.5
	SUMA		67,622						
	PROMEDIO		4,830	191.4	3.3	42	1.7	114	0.6
Toluca	Metepec - Aeropuerto	Atsuzi	4,515	110.1	1.9	30	2.5	105	0.4
	Arbol - Metepec	Atsuzi	6,003	95.3	1.7	27	2.2	87	0.4
	El Cerrillo - Toluca	Atsuzi	4,280	147.6	2.3	23	3.7	107	0.3
	Blvd. Toluca - Metepec	TEO	2,210	110.5	3.0	22	2.9	85	0.3
	Oyamel - Terminal	Transportes crucero	4,836	105.1	1.9	20	5.2	124	0.3
	Lerma - Zinacantanec - Carbajal	Zinabus	10,584	189.0	2.1	36	3.7	168	0.5
	Metepec - Santa Maria - Navitas - Almoleya	Autotransportes Colon Nacional	2,058	137.2	2.5	14	6.0	98	0.2
	Av. Las Torres San Lorenzo - Huixquilpan	Autobuses Estrella del Noreste SAdCV	4,872	168.0	1.4	23	4.0	116	0.3
	Santiago Tiaguistenco de Galeana - Terminal Toluca	Autotransportes Estrella del Noreste SAdCV	8,880	108.3	1.7	27	3.1	111	0.4
	Terminal Toluca - Villa Sn Pedro - Sn Lorenzo	Flecha de Oro	2,856	259.6	1.2	20	3.2	84	0.3
	Terminal Toluca - Santa Maria Lerma	Autransportes Estrella del Noreste SAdCV	3,780	92.2	1.2	31	1.7	84	0.4
	Terminal Toluca - La Huerta	ATR	2,030	75.2	1.3	19	2.1	58	0.3
	Terminal Toluca - Xonacatlan - Sta. Maria	Bicentenario	1,840	92.0	0.7	19	1.1	40	0.3
	Terminal Toluca - Lerma - San Mateo Atarazquillo	Bicentenario	3,712	119.7	1.2	29	1.2	64	0.4
	Toluca - La Unidad - Sn. Mateo Atenco	Intermetropolitano	3,666	130.9	1.8	23	3.1	94	0.3
	Terminal Toluca - Metepec	TEO	2,560	102.4	2.5	19	2.4	64	0.3
	Terminal Toluca - Central de abastos	Ala de Oro	2,376	79.2	1.7	22	2.3	72	0.3
	San Antonio Acahualco - Sn Pedro Tultepec	Valle de Toluca	4,704	151.7	1.5	30	2.2	96	0.4
	Terminal Toluca - Villa	Flecha de Oro	3,268	116.7	1.4	25	2.4	86	0.4
	Las Torres - Tlachalaya	Conarios del Norte SAdCV	2,898	170.5	1.2	29	1.4	69	0.4
	Toluca - Ocoyocac - San Pedro Tultepec	Autransportes Estrella del Noreste SAdCV	1,568	47.5	1.1	18	1.7	49	0.3
	San Jose La Pila - CU	Autotransportes Adolfo Lopez Mateos SAdCV	5,427	123.3	2.2	17	2.9	67	0.2
	San Juan Tila - Cristo Rey - San Gaspar Tlahuillpan	Compañía Transportista de Toluca SAdCV	7,526	193.0	2.5	36	2.9	142	0.5
	Centro Toluca - San Jose La Pila	Colon Nacional	3,822	59.7	2.0	18	1.7	49	0.3
	CBTis, Las Palomas, ISSSTE, HIPICO x Torres	RED TP	3,666	141.0	1.7	19	3.1	78	0.3
	Lerma-Cañada	Zinabus	4,551	325.1	1.7	31	2.6	111	0.4
	Terminal Toluca - Santa Ana Jilotzingo	Flecha de Oro	3,572	446.5	1.3	22	3.3	94	0.3
	Terminal Toluca - Xona - Concepción Hidalgo	Autotransportes Cuatro Caminos	3,978	284.1	1.0	24	2.3	78	0.3
	Sierra Morelos-Terminal	RED TP	4,636	132.5	2.5	24	1.5	61	0.3
	SUMA		120,674						
	PROMEDIO		4,161	148.8	1.7	24	2.7	88	0.3
Foráneo-Cuatro Caminos	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Flecha Roja Naucalpan	3,450	61.6	0.2	24	0.0	25	0.6
	Cuatro Caminos - Terminal Toluca	Autotransportes Toluca - Cuatro Caminos	3,500	64.8	0.2	23	0.2	28	0.6
	Cuatro Caminos - Temoaya	Autotransportes mixtos Naucalpan - Toluca	3,776	104.9	0.2	24	0.3	32	0.6
	Cuatro Caminos - Xonacatlán	Autotransporte de la Montaña	2,870	73.6	0.4	29	0.2	35	0.7
Foráneo-Observatorio	Terminal Observatorio - La Marquesa	Autotransportes el Aguila	1,599	94.1	0.7	26	0.5	39	0.6
	Terminal Observatorio - Toluca hasta las torres	Flecha Roja	3,570	85.0	0.4	34	0.2	42	0.8
	Terminal Observatorio - San Mateo Atenco	Flecha Roja	3,430	79.8	0.4	34	0.0	35	0.8
	Terminal Observatorio - Toluca Ordinario	Flecha Roja	3,485	87.1	0.4	33	0.2	41	0.8
	Terminal Observatorio - Plazas Outlet por la libre	Autotransportes el Aguila	2,236	65.8	0.5	22	1.0	43	0.5
	Terminal Observatorio - Toluca por la Libre	Flecha Roja	2,120	60.6	0.3	16	1.5	40	0.4
	Terminal Observatorio - Toluca	Caminante- Turismo y Autobuses México Toluca	2,898	47.5	0.4	24	0.8	42	0.6
	Terminal Observatorio - Toluca	Triángulo Flecha SAdCV							
	SUMA		32,934						
	PROMEDIO		2,994	75.0	0.4	26	0.5	37	0.6

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

2.3.4. Calibración de la matriz origen destino

El proceso de expansión de la muestra origen-destino fue realizado para la región en donde se llevaron a cabo las encuestas. Sin embargo, la región no representa el total de la zona en estudio. Por lo tanto, fue necesario actualizar la matriz de viajes para las demás zonas de la ciudad. Para ello, se utilizó la metodología de ajuste por conteos vehiculares y pasajeros.

La información utilizada en este estudio acerca del origen, el destino y el motivo de viajes vehiculares será extraída de los resultados de la encuesta INEGI, aplicada en el año de 2007, y de las obtenidas de los distintos estudios realizados y mencionados previamente.

Con base en lo anterior, el desarrollo de las matrices de origen-destino para este estudio, se obtendrá a partir del ajuste de las matrices disponibles por el “Método de Conteos”, el cual es ampliamente utilizado en el mundo para la generación de matrices de origen-destino a partir de matrices resultado de estudios anteriores y/o de información socioeconómica y de análisis de aforo en puntos clave de la red de influencia.

Los métodos de ajuste de matrices por conteos se han tornado atractivos pues permiten la obtención de resultados confiables sobre el origen y destino de los viajes, utilizando datos de información disponible. Esta metodología obedece a la necesidad de buscar procedimientos alternativos a la encuesta de origen-destino, motivados por los múltiples problemas que giran alrededor de éstas, tales como costos excesivos, tiempo demasiado largo y problemas severos de orden técnico relacionados principalmente con la confiabilidad estadística de los resultados, con la validez de los sistemas de muestreo, con los sistemas y métodos de zonificación, con información complementaria asociada a cada zona y con el tamaño de la muestra.

Los ajustes de matrices por conteos son en la actualidad una realidad utilizada y verificada en el ámbito mundial, a tal punto que se encuentran incorporados como parte de los paquetes de cómputo más importantes en el ámbito mundial; es el caso de Visum (Alemán), EMME/3 (Canadiense), o el TRIPS (Británico).

Lo anterior ha surgido en respuesta a las necesidades de los usuarios de estos programas, ya que el ajuste de matrices es una preocupación fundamental de casi la totalidad de los estudios de planeación de transporte.

De manera muy general, la explicación básica de esta metodología consiste en que los volúmenes vehiculares pueden ser interpretados como la combinación de dos elementos: una matriz de origen-destino y un patrón de selección de rutas por los viajeros de la red vial.

Estos dos elementos pueden estar linealmente relacionados a los volúmenes de tránsito, pero bajo circunstancias normales, nunca habrá suficientes conteos para identificar una sola matriz como la única fuente de los flujos observados. Los conteos por si solos no son suficientes para estimar una matriz de O-D, es necesario contar con información adicional.

El ajuste por conteos puede realizarse tanto a matrices de transporte privado como de transporte público. En este caso, los conteos vehiculares de transporte privado sirvieron para actualizar las matrices de viaje de tal transporte.

Los conteos de pasajeros, a partir de los estudios de frecuencia y ocupación visual, fueron utilizados para actualizar la matriz de viajes de transporte público.

2.3.5. Análisis de la Demanda en Situación Actual

A fin de sintetizar el cálculo de la demanda de transporte público en la situación actual se detallan las siguientes tareas realizadas:

1. Se analizó la oferta existente en el ámbito de estudio para determinar las principales rutas que le atienden.
2. Sobre estas principales rutas se diseñó un trabajo de campo para conocer la movilidad origen destino, entre otras características, de los usuarios de las mismas.
3. El resultado de esta encuesta se expandió según los estudios de ascenso-descenso.
4. Finalmente la demanda obtenida de las encuestas y la demanda de la Matriz Origen Destino de 2007 del Valle de México realizada por INEGI, se ajustó a los datos de conteos de personas y vehículos obtenidos entre otros en los estudios de frecuencia y ocupación visual.

El resultado de todo este proceso de caracterización de la demanda en situación actual muestra que en la actualidad se realizan poco menos de 800,000 viajes diarios en la zona de influencia del proyecto.

Los resultados obtenidos de los estudios de demanda son los siguientes:

La demanda en la situación actual es de 776,819 pax de los cuales el 59.24% corresponde a demanda del transporte público y el 40.76 % a demanda de transporte privado.

De los viajes totales identificados 273,957 se realizan al interior de Toluca; los viajes internos en el DF son del orden de 206,489 y 296,373 son viajes entre las entidades federativas.

Así mismo 460,164 viajes se llevan a cabo en transporte público y 316,655 en transporte privado; en las siguientes tablas se presenta dicha información.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-15. Demanda total en la situación actual por segmento (usuarios)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D,F	Total
	2012	273,957	206,489	296,373	776,819
	2013	278,888	210,206	301,707	790,801
0	2014	283,908	213,989	307,138	805,036
1	2015	289,019	217,841	312,667	819,526
2	2016	294,221	221,762	318,295	834,278
3	2017	299,517	225,754	324,024	849,295
4	2018	304,908	229,817	329,856	864,582
5	2019	310,397	233,954	335,794	880,145
6	2020	315,984	238,165	341,838	895,987
7	2021	321,672	242,452	347,991	912,115
8	2022	327,462	246,816	354,255	928,533
9	2023	333,356	251,259	360,632	945,247
10	2024	339,356	255,782	367,123	962,261
11	2025	345,465	260,386	373,731	979,582
12	2026	351,683	265,073	380,458	997,214
13	2027	358,013	269,844	387,307	1,015,164
14	2028	364,458	274,701	394,278	1,033,437
15	2029	371,018	279,646	401,375	1,052,039
16	2030	377,696	284,680	408,600	1,070,976
17	2031	384,495	289,804	415,955	1,090,253
18	2032	391,416	295,020	423,442	1,109,878
19	2033	398,461	300,331	431,064	1,129,856
20	2034	405,633	305,737	438,823	1,150,193
21	2035	412,935	311,240	446,722	1,170,896
22	2036	420,368	316,842	454,763	1,191,973
23	2037	427,934	322,545	462,948	1,213,428
24	2038	435,637	328,351	471,281	1,235,270
25	2039	443,479	334,262	479,765	1,257,505
26	2040	451,461	340,278	488,400	1,280,140
27	2041	459,587	346,403	497,191	1,303,182
28	2042	467,860	352,638	506,141	1,326,639
29	2043	476,282	358,986	515,251	1,350,519
30	2044	484,855	365,448	524,526	1,374,828
31	2045	493,582	372,026	533,967	1,399,575
32	2046	502,466	378,722	543,579	1,424,768
33	2047	511,511	385,539	553,363	1,450,413

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-16. Demanda total de transporte público en la situación actual por segmento (usuarios)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
	2012	144,417	120,128	195,619	460,164
	2013	147,016	122,291	199,140	468,447
0	2014	149,662	124,492	202,725	476,879
1	2015	152,356	126,733	206,374	485,463
2	2016	155,099	129,014	210,088	494,201
3	2017	157,891	131,336	213,870	503,097
4	2018	160,733	133,700	217,720	512,153
5	2019	163,626	136,107	221,639	521,371
6	2020	166,571	138,557	225,628	530,756
7	2021	169,569	141,051	229,689	540,310
8	2022	172,622	143,590	233,824	550,035
9	2023	175,729	146,174	238,033	559,936
10	2024	178,892	148,806	242,317	570,015
11	2025	182,112	151,484	246,679	580,275
12	2026	185,390	154,211	251,119	590,720
13	2027	188,727	156,987	255,639	601,353
14	2028	192,124	159,812	260,241	612,177
15	2029	195,582	162,689	264,925	623,196
16	2030	199,103	165,617	269,694	634,414
17	2031	202,687	168,598	274,548	645,833
18	2032	206,335	171,633	279,490	657,458
19	2033	210,049	174,723	284,521	669,293
20	2034	213,830	177,868	289,642	681,340
21	2035	217,679	181,069	294,856	693,604
22	2036	221,597	184,328	300,163	706,089
23	2037	225,586	187,646	305,566	718,798
24	2038	229,646	191,024	311,066	731,737
25	2039	233,780	194,462	316,666	744,908
26	2040	237,988	197,963	322,366	758,316
27	2041	242,272	201,526	328,168	771,966
28	2042	246,633	205,154	334,075	785,861
29	2043	251,072	208,846	340,089	800,007
30	2044	255,591	212,606	346,210	814,407
31	2045	260,192	216,432	352,442	829,066
32	2046	264,875	220,328	358,786	843,990
33	2047	269,643	224,294	365,244	859,181

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-17. Demanda total de transporte privado en la situación actual por segmento (usuarios)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
	2012	129,540	86,360	100,754	316,655
	2013	131,872	87,915	102,567	322,354
0	2014	134,246	89,497	104,413	328,157
1	2015	136,662	91,108	106,293	334,064
2	2016	139,122	92,748	108,206	340,077
3	2017	141,626	94,418	110,154	346,198
4	2018	144,176	96,117	112,137	352,430
5	2019	146,771	97,847	114,155	358,773
6	2020	149,413	99,609	116,210	365,231
7	2021	152,102	101,401	118,302	371,805
8	2022	154,840	103,227	120,431	378,498
9	2023	157,627	105,085	122,599	385,311
10	2024	160,464	106,976	124,806	392,246
11	2025	163,353	108,902	127,052	399,307
12	2026	166,293	110,862	129,339	406,494
13	2027	169,286	112,858	131,667	413,811
14	2028	172,334	114,889	134,037	421,260
15	2029	175,436	116,957	136,450	428,843
16	2030	178,593	119,062	138,906	436,562
17	2031	181,808	121,205	141,406	444,420
18	2032	185,081	123,387	143,952	452,419
19	2033	188,412	125,608	146,543	460,563
20	2034	191,804	127,869	149,181	468,853
21	2035	195,256	130,171	151,866	477,292
22	2036	198,771	132,514	154,599	485,884
23	2037	202,348	134,899	157,382	494,630
24	2038	205,991	137,327	160,215	503,533
25	2039	209,699	139,799	163,099	512,597
26	2040	213,473	142,315	166,035	521,823
27	2041	217,316	144,877	169,023	531,216
28	2042	221,227	147,485	172,066	540,778
29	2043	225,209	150,140	175,163	550,512
30	2044	229,263	152,842	178,316	560,421
31	2045	233,390	155,593	181,526	570,509
32	2046	237,591	158,394	184,793	580,778
33	2047	241,868	161,245	188,119	591,232

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

2.4. Interacción oferta – demanda

La interacción entre oferta y demanda tiene como resultado los tiempos de viaje o desplazamiento que tienen los viajeros en la zona de estudio. Los resultados de la interacción fueron estimados con base en el planteamiento metodológico que se sigue y que consiste en construir un modelo de transporte que sea capaz de reproducir la situación actual. Este modelo representa tanto la oferta de transporte como la demanda actual y reproduce los tiempos de viaje observados en la realidad, es decir, la interacción entre oferta y demanda observada.

Tiempos de viaje observados

Análisis Costo Beneficio del TITV

A partir de los análisis de la información realizados se sintetizó la información con el uso del modelo VISUM y se obtuvieron las siguientes velocidades de recorrido u operación.

Tabla 2-18. Velocidad Media de Viaje Horas Pico Sentido Toluca – DF (km/h)

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	25	13	34
Transporte Privado	35	23	57

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-19. Velocidad Media de Viaje Horas Pico Sentido DF – Toluca (km/h)

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	25	15	39
Transporte Privado	34	25	64

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-20. Velocidad Media de Viaje Horas No Pico Sentido Toluca – DF (km/h)

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	25	15	36
Transporte Privado	35	25	59

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-21. Velocidad Media de Viaje Horas No Pico Sentido DF – Toluca (km/h)

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	25	17	41
Transporte Privado	34	27	66

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

De acuerdo a los resultados del modelo VISUM, los niveles de servicio en hora pico en los segmentos internos en Toluca, internos en DF y viajes entre entidades federativas presenta congestionamiento en un nivel de servicio E por estar debajo de los 50 km/h de acuerdo al Highway Capacity Manual.

Las distancia medias de recorrido y los tiempos de viaje obtenidos a partir de las velocidades en la situación actual se presentan en las siguientes tablas:

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-22. Distancias Medias de Viajes Sentido Toluca – DF

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	17.50	19.00	95.00
Transporte Privado	14.00	15.83	84.00

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-23. Distancias Medias de Viajes Sentido DF – Toluca

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	17.50	24.00	115.00
Transporte Privado	13.42	18.33	98.00

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-24. Tiempo Medio de Viaje Horas Pico Sentido Toluca - DF

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	42	86	169
Transporte Privado	24	41	89

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-25. Tiempo Medio de Viaje Horas Pico Sentido DF - Toluca

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	42	96	179
Transporte Privado	24	44	92

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 2-26. Tiempo Medio de Viaje Horas No Pico Sentido Toluca - DF

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	42	76	159
Transporte Privado	24	38	86

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-27. Tiempo Medio de Viaje Horas No Pico Sentido DF - Toluca

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	42	86	169
Transporte Privado	24	41	89

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Modelo de transporte

Todo modelo de transportes se compone de dos elementos: el modelo de red de transporte y la matriz origen – destino. El modelo de red de transporte es la representación de la oferta de transporte compuesta por la vialidad en el área de estudio, así, como de los derroteros de las líneas de transporte público. La matriz origen – destino es la representación de la demanda y consiste en una matriz de viajes entre orígenes y destinos del área de estudio. Estos orígenes y destinos no son, claramente, todos los posibles sino que son agrupaciones de los mismos utilizando un criterio de cercanía y de acceso homogéneo a las redes de transporte.

Los orígenes y destinos considerados en el modelo son lo que se denominan zonas de transporte que no es otra cosa que una división del territorio en áreas homogéneas respecto a sus características socioeconómicas y de acceso a las redes de transporte, estas zonas suelen ser colonias, barrios, municipios, delegaciones, etc., según sean las dimensiones y necesidades del modelo de transportes.

En este apartado describiremos la zonificación utilizada por el modelo, la red construida y los supuestos utilizados al aplicar el modelo, que fue construido con el software de modelación VISUM.

Funciones Flujo-Tiempo

Las funciones flujo-tiempo, en nuestro caso, flujo-demora utilizadas en el modelo de transporte desarrollado son del tipo BPR y con la siguiente expresión matemática:

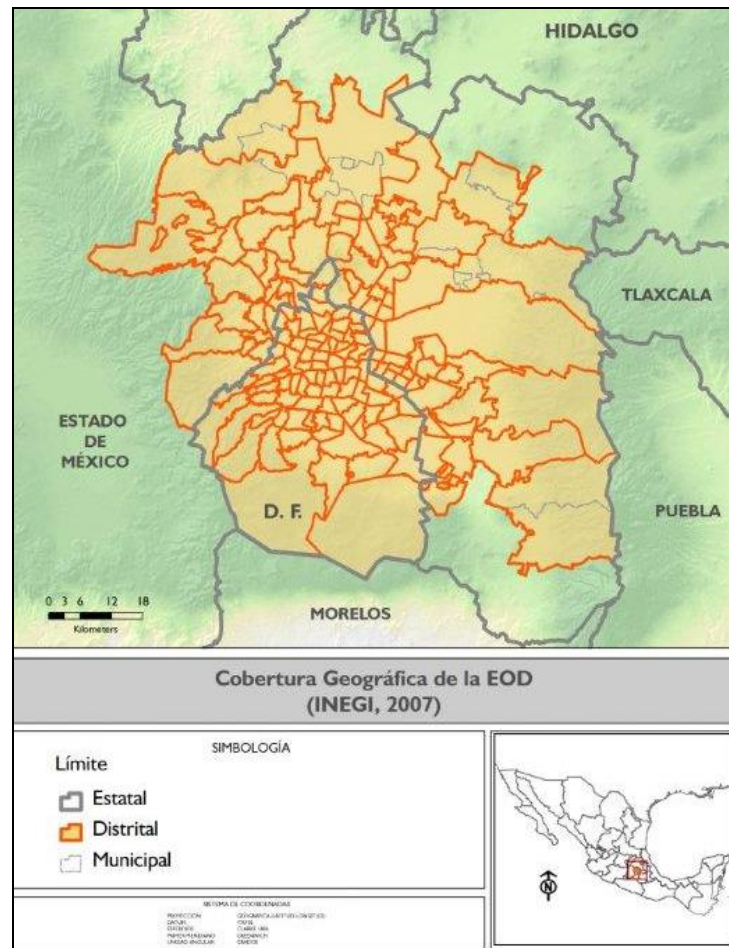
$$t^{BPR}(v) = t_v \left(1 + \left(\frac{v}{c} \right)^a \right)$$

Variación en flujo y tiempo de viaje entre México y Toluca para distintos modos de transporte en hora de máxima demanda sin proyecto.

Zonificación

La encuesta del INEGI recopilada en el año 2007 está zonificada de acuerdo a los límites definidos por el Instituto. En total, la zonificación de INEGI contempla a 59 municipios y/o delegaciones, 43 de ellos se encuentran en el Estado de México y 16 son delegaciones del Distrito Federal. Dentro de tales delegaciones, el INEGI definió de áreas más pequeñas llamadas Distritos. En total, para la encuesta origen-destino se definieron 156 distritos. se muestra la cobertura geográfica de la zonificación OD 2007.

Figura 2-65. Zonificación 2007



Fuente: INEGI

Zonificación del área de estudio (mapa de la zona en estudio y su codificación)

La zonificación es una técnica para agregar individuos, regiones o poblaciones para facilitar la tarea de modelación. La zonificación es realizada con el objetivo de simplificar el área de estudio y para la definición de la interacción de viajes entre las distintas regiones del estudio. Para cumplir con los objetivos del presente estudio fue necesario realizar una zonificación detallada.

A lo largo del corredor en estudio, el nivel de detalle es mayor ya que para cada parada de pasajeros del sistema de transporte masivo propuesto debe tener una zona que indique el área de influencia en el trayecto de transporte masivo. A medida que se aísla del trayecto del proyecto, las zonas incrementan su tamaño.

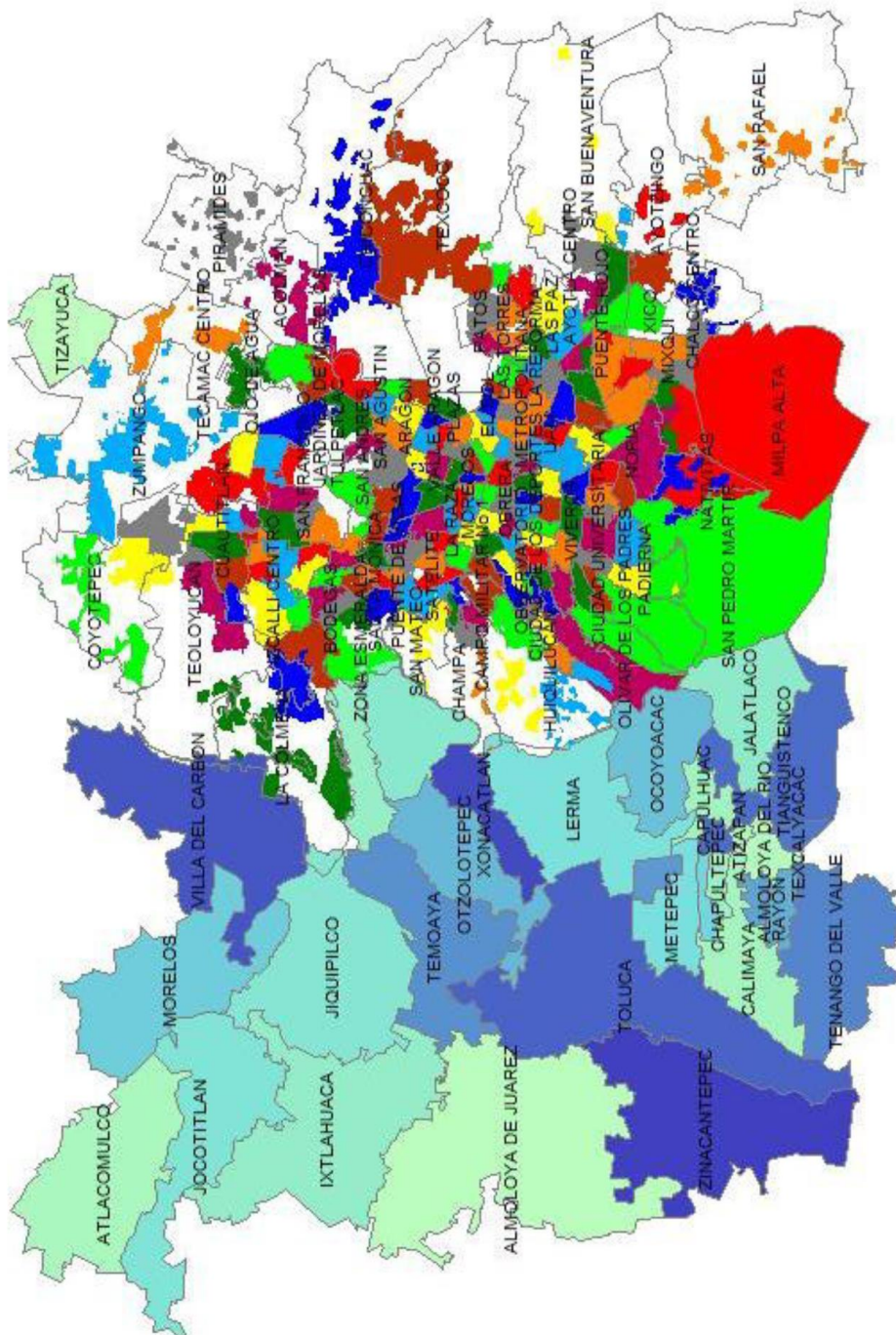
Análisis Costo Beneficio del TITV

Para ello, se utilizó como base la cobertura geográfica de distritos definida por el INEGI. De tal forma, el objetivo será que la zonificación desarrollada emplee una zonificación similar a la base de datos de la EOD 2007. Así mismo, se elaboró una cobertura geográfica con todas las colonias del área de influencia con el objetivo facilitar el trabajo de codificación y captura de la información recopilada actualmente.

Finalmente, se ha identificado una red vial de modelación primaria y presentada posteriormente. La red vial consiste en una combinación de las principales vialidades de la ZMVM y las vialidades por transiten las rutas de transporte investigadas.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-66. Zonificación del área de estudio



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Modelo de Red de Transportes

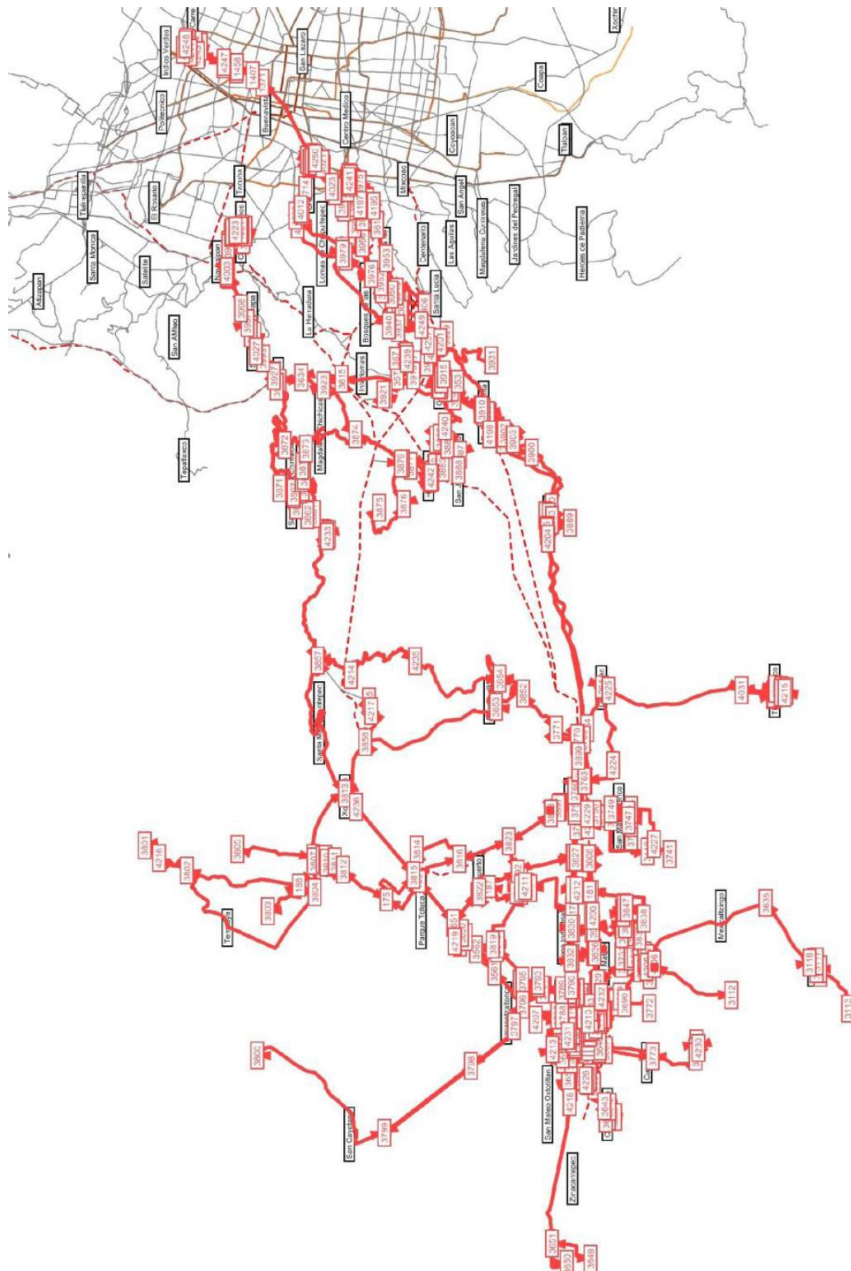
Para la elaboración de la red del modelo, se tomó por un lado la red de transporte público y por otro la red vial de la zona.

En total, la red cuenta con 3,230 nodos, 4,490 enlaces y 6 sistemas de transportes codificados dentro de VISUM. Cada enlace representa un tramo de vialidad o de vía exclusiva para el transporte público como línea del STC o del Tren Toluca – México. Para cada uno de estos enlaces se introdujo información referente a la longitud, número de carriles, capacidad, velocidad límite de recorrido, así como información adicional referente a las características físicas y operativas de la red. Tal información fue recopilada a partir de los recorridos realizados en la zona de influencia del proyecto. La red modelada acumula un total de 4,145 kilómetros a lo largo de las delegaciones del Distrito Federal y municipios del Estado de México.

La figura siguiente muestra la codificación de los derroteros en transporte público.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-67. Derroteros codificados en VISUM



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Supuestos de modelación

Un modelo de transporte, como todos los modelos, representa una abstracción del mundo real. El objetivo del proceso de modelación es el análisis del sistema entero o de las partes que lo conforman, predicciones y evaluaciones de variables de impactos futuros y decisiones que pueden ser tomadas en el mundo real a partir del modelo creado. Por ello es necesario establecer los supuestos de modelación empleados para la ejecución del presente estudio:

- Se modeló solo el transporte público de pasajeros en todas sus modalidades.
- Se consideran tres períodos de modelación representando:
 - Un periodo pico matutino
 - Un periodo pico vespertino
 - Un periodo valle
- Los modelos de asignación utilizados asumen que la capacidad instalada en las distintas alternativas de evaluación son capaces de albergar la demanda de transporte necesaria.
- El modelo de asignación de tránsito vehicular y de pasajeros desarrollado será estático y probabilístico. El modelo de asignación estático asume que las condiciones de la oferta y la demanda permanecen constantes a lo largo del periodo de modelación, es decir, se asume que las velocidades, la capacidad, los patrones de viaje y las características de los mismos permanecen constantes. En cambio, la asignación dinámica permite representar condiciones cambiantes de la demanda o de la oferta dentro del periodo de modelación. El método de asignación determinístico asume que los individuos que son asignados a la red tienen un conocimiento completo de las condiciones de las rutas posibles entre el origen y destino de su viaje, además de conocer la totalidad de las rutas. En cambio, el método de asignación estocástico asume que los individuos que deciden sobre las distintas rutas no cuentan con información completa y por lo tanto se asume que existe una distribución estadística asociada con las variables relacionadas con la asignación de viajes, especialmente el tiempo de viaje entre el origen y destino de cada viaje realizado.
- Como parte de la zonificación, se asume que los individuos dentro de una zona de planeación específica tienen un comportamiento similar en términos de su patrón de viajes.

Se asume que los individuos dentro del proceso de planeación toman decisiones racionalmente y que siempre tratan de maximizar su utilidad al transportarse de un lugar a otro.

Desarrollo del modelo de oferta

Con base en la información recopilada en campo y la información documental obtenida, relacionada con las características físicas y operativas de la red de análisis, se desarrolla un modelo analítico de esta red y se construye una herramienta de análisis, mediante la cual se represente la oferta y se puedan hacer modificaciones de las condiciones físicas y de operación de la red vial actual como resultado de la modernización o construcción de nuevos tramos. El modelo de oferta se desarrolla en Maptitude.

En los párrafos siguientes se describe el proceso de modelación de las redes de transporte público y privado haciendo énfasis en la conveniencia de establecer una modelación completa de la movilidad de la ZMVM y la ZMVT, que permita:

Análisis Costo Beneficio del TITV

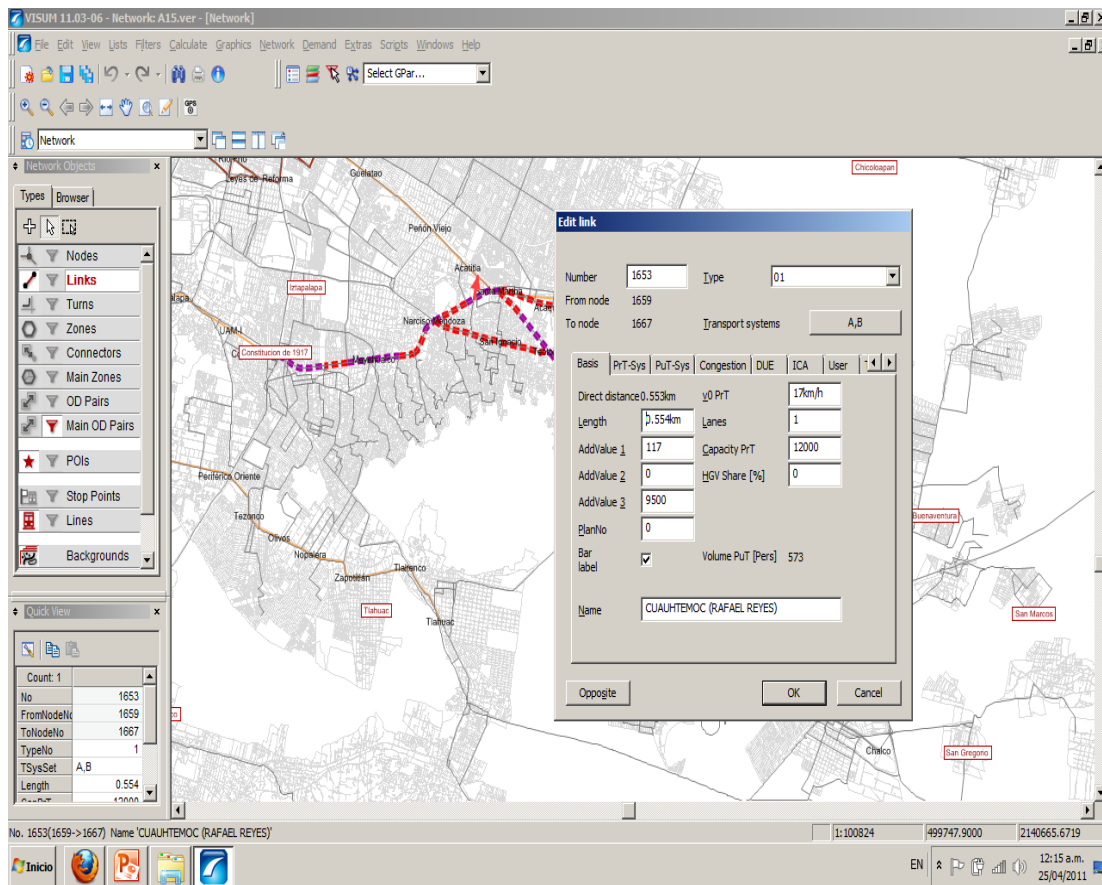
- Analizar el reparto modal con una caracterización que incluya la interacción entre los diferentes modos de transporte a un nivel de detalle que permita distinguir los desplazamientos en los distintos modos de transporte. Así como la posibilidad de incluir modos no-motorizados como la bicicleta o caminar.
- Realizar la evaluación de proyectos de infraestructura futuros o programados que supongan cambios sustanciales en la movilidad y el sistema de transporte existente.
- Analizar el comportamiento de la demanda ante los escenarios y los horizontes de estudio establecidos en los términos de referencia o definidas en conjunto con el grupo de seguimiento.

Para la elaboración de la red del modelo, se tomó por un lado la red de transporte público y por otro la red vial de la zona. La Figura 2-55 presenta un ejemplo de la codificación de la red vial en Visum y los distintos atributos que son incluidos dentro del modelo.

En total, la red cuenta con 3,230 nodos, 4,490 enlaces y 6 sistemas de transportes codificados dentro de Visum. Cada enlace representa un tramo de vialidad o de vía exclusiva para el transporte público como línea del STC o del Tren Toluca – México. Para cada uno de estos enlaces se introdujo información referente a la longitud, número de carriles, capacidad, velocidad límite de recorrido, así como información adicional referente a las características físicas y operativas de la red. Tal información fue recopilada a partir de los recorridos realizados en la zona de influencia del proyecto. La red modelada acumula un total de 4,145 kilómetros a lo largo de las delegaciones del Distrito Federal y municipios del Estado de México.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-68.muestra la codificación del proyecto en Visum.



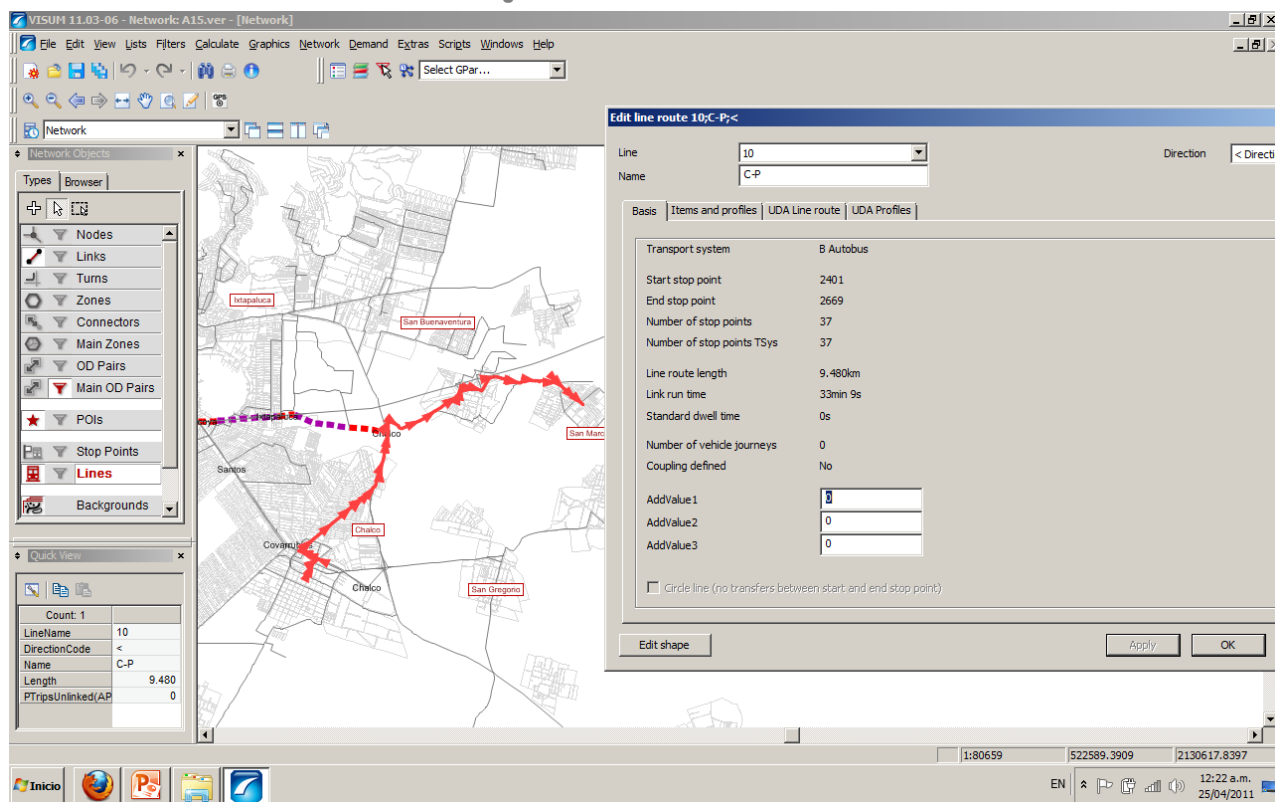
Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Adicionalmente a la red vial, la cual representa el conjunto de calles que comprenden la red en estudio, el modelo de oferta está también representado por las rutas de transporte público relevantes al proyecto y que permiten el traslado de la demanda de viajes en modos no privados. En el caso del presente estudio, el modelo de oferta incluye 72 rutas de transporte público terrestre con vehículos tipo combi, van, microbús o autobús que se inventariaron sus derroteros y que fueron presentadas anteriormente. Además, se incluyen las rutas de diversos sistemas de transporte masivo de pasajeros que existen en la ZMVM. Así, se incluyeron 12 rutas del STC, 1 de Tren Suburbano y 3 rutas de Metrobús.

Para cada una de estas rutas de transporte, en el modelo Visum se introducen los atributos que caracterizan cada una de ellas como son: el derrotero, tipo de vehículo, paradas, terminales, tiempos de recorrido, tarifas, entre otros, como se muestra en la siguiente figura.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-69 Derrotero en Visum

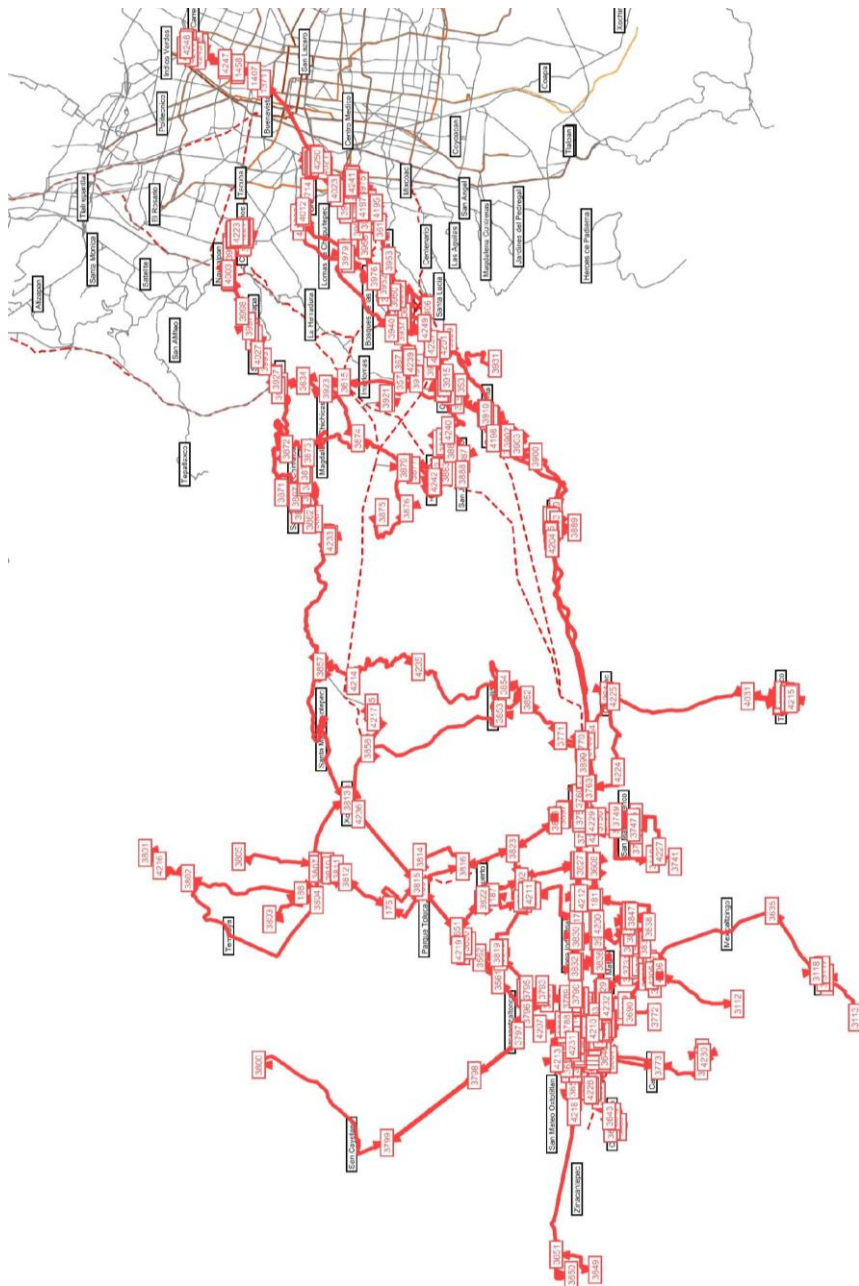


Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

En la Figura 2-70 se muestran los derroteros cargados y previamente codificados en el programa para modelación (Visum).

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-70 Derroteros codificados en Visum



Fuente. ILF USTRAN.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Desarrollo del modelo de generación de viajes

El objetivo del modelo de generación de viajes es estimar el número de viajes que se producen o se originan en cada zona del área de estudio. La generación de viajes se estima a partir de las características de los individuos, de la zona, y de la red de transporte. En términos de su aplicación en Visum, hay cuatro herramientas para el modelado de la producción de viajes:

Clasificación cruzada: Los métodos de clasificación cruzada separan a la población en una zona urbana en grupos relativamente homogéneos sobre la base de ciertas características socioeconómicas. Entonces, las tasas de producción promedio de viaje por familia o individuo son empíricamente estimadas para cada clasificación a partir de las encuestas origen destino domiciliarias. Utilizando este método genera una tabla de búsqueda que pueden ser utilizados para predecir producciones de viaje. Visum puede utilizar las tablas de búsqueda existentes, crear otras nuevas a partir de datos de la encuesta, y editar cualquiera de los valores. Visum proporciona cruzadas predeterminadas varias tablas de clasificación incluidos los de los métodos de respuesta rápida y las tasas de generación de viajes del Manual de Generación de Viajes del ITE basada en el empleo o uso de la tierra.

Modelos de regresión: Visum desarrolla la estimación y aplicación de los modelos de generación zonales y desagregados en el hogar o el nivel individual. El primer método utiliza los datos agregados a nivel zonal con el número promedio de viajes por hogar en la zona como la variable dependiente y el promedio de características zonales como las variables explicativas. El segundo método utiliza datos desagregados a nivel familiar o individual, con el número de viajes realizados por un hogar o una persona como variable dependiente y el hogar y las características personales como las variables explicativas.

Modelos de elección discreta: Los modelos de elección discreta utilizan información a nivel hogar o individuo para estimar la probabilidad de que cualquier familia o la persona hará los viajes. Los resultados pueden ser después agregados para predecir el número de viajes producidos.

Síntesis de población: Además de la aplicación de modelos desagregados de muestras de la encuesta ampliada, Visum prevé la generación de las poblaciones sintéticas cuya generación de viajes pueden ser pronosticados con microsimulación.

Adicionalmente, se establecen propósitos de viaje genéricos de cada viaje, empleando como mínimo las siguientes categorías:

1. Viajes de trabajo con base en el hogar (HBW/ Home-based-work)
2. Otros viajes con base en el hogar (HBO/ Home-based-other).
3. Viajes sin base en el hogar (NHB/ Nonhome-based).

Atracción de viajes

El objetivo del modelo de atracción de viajes es predecir el número de viajes atraídos por cada zona o para un uso de suelo en particular. En muchos sentidos, la atracción de viajes es similar a la estimación de producciones de viaje. Así, la clasificación cruzada, regresión, y los métodos de elección discreta se pueden utilizar para estimar el número de

Análisis Costo Beneficio del TITV

viajes atraídos a cada zona. Visum también tiene la capacidad de utilizar los datos para el cálculo de los valores de atracción de viaje para un solo uso de suelo o de los usos del suelo mixto.

Balanceo de vectores de viajes

El resultado de la estimación y aplicación de los modelos de producción y atracción de viajes será un vector de viajes por propósito que indique el total de viajes diarios producidos o atraídos por zona. Esto lleva inevitablemente a una discrepancia entre el número de viajes producido en un área y el número de viajes atraídos. Para que el número de viajes sea el mismo producido y atraído, se deben balancear los vectores. Visum ofrece las herramientas suficientes para el balanceo de los vectores.

Desarrollo del modelo de distribución de viajes

Los modelos de distribución de viajes se utilizan para predecir el patrón espacial de los viajes y flujos entre orígenes y destinos. Modelos similares a los aplicados para la distribución de viajes son a menudo utilizados para modelar los flujos de mercancías, el comercio minorista, y la afluencia a recintos comerciales.

Visum proporciona numerosas herramientas con las cuales llevar a cabo la distribución de viajes, incluidos los procedimientos para aplicar los métodos de factor de crecimiento, aplicar los modelos de gravedad previamente calibrado, generar factores de fricción, y calibrar los parámetros del modelo nuevo.

Además de los modelos de distribución doblemente restringidos garantizan que la matriz de flujo de salida del viaje coincide con la distribución de las producciones de entrada y las atracciones, Visum incluye modelos tri-proporcionales que permiten la otra dimensión de las restricciones. En los modelos tri-proporcionales, grupos de células en la matriz de flujo de producciones-atracciones están obligados a sumar los valores especificados. Visum permite que la dimensión adicional que sea aplicada tanto para el factor de crecimiento y modelos de gravedad.

El estudio aquí realizado asegura que la obtención de estas matrices de intercambio de viajes entre zonas se obtiene para cada propósito genérico de viaje, mediante la calibración de modelos gravitacionales, hasta emular distribución de frecuencias de tiempos de viaje correspondiente a cada propósito (error máximo de 10%).

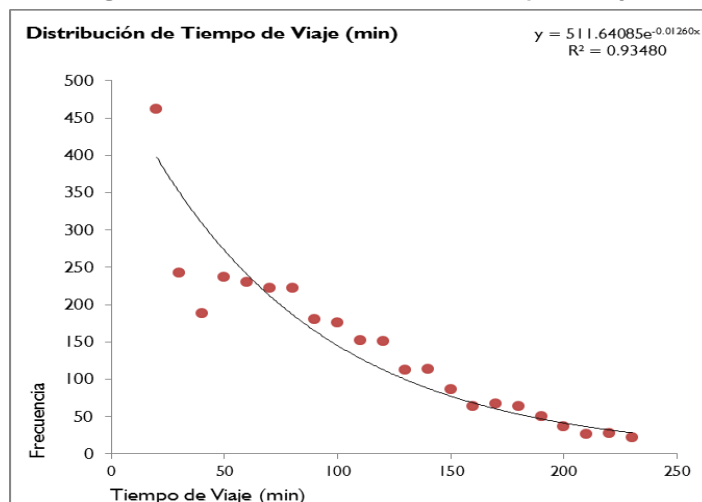
En primera instancia, se han estimado modelos de distribución modal para los viajes identificados para los distintos usuarios de transporte público. El modelo de distribución de viajes se estima a partir de la información recopilada en campo en cuanto al tiempo y costo de viaje. Los modelos iniciales se han estimado para la muestra obtenida para todos los usuarios de algún sistema de transporte público.

Se utilizó la información de frecuencias de viaje para estimar dos modelos de distribución de viajes, uno basado en la variable costo y otro en la variable tiempo de viaje. Estos modelos son estimados a partir de una regresión no-lineal que arrojó un modelo exponencial mostrado en las Figuras 2-58 y 2-59. Nótese que ambos modelos teorizan el número de viajes que se realizaría ante distintos niveles de costo y viaje para cada par origen-destino.

Por ejemplo, en el caso del tiempo de viaje, asume que si el tiempo entre una zona origen y la zona destino es cercano a cero, entonces el número de viajes sería mayor de 500. En el caso del costo de viaje, el número de viajes sería cercano a 700.

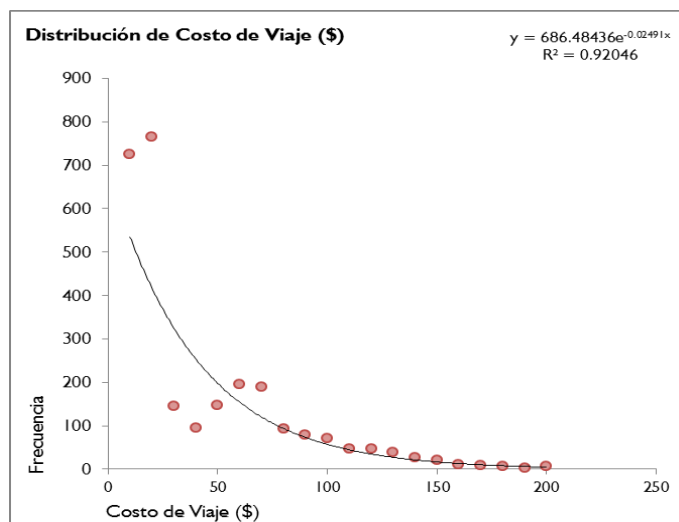
Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 2-71 Curvas de distribución de tiempo de viaje



Fuente: ILF USTRAN.

Figura 2-72 Curvas de distribución de costo de viaje



Fuente: ILF USTRAN.

Desarrollo del modelo de elección modal

El objetivo principal de una encuesta de preferencia declarada es el estimar valores reales para la sensibilidad a la tarifa o los valores de tiempo de viajeros que podrían utilizar el tren México-Toluca propuesto. Estimar el costo de la tarifa del

Análisis Costo Beneficio del TITV

servicio de trenes a través de la sensibilidad al pago de los usuarios potenciales, determinará la demanda e ingresos del sistema.

El análisis estadístico y los modelos de elección discreta fueron llevados a cabo usando las encuestas de preferencia declarada. La estimación estadística y sus especificaciones fueron completadas usando un convencional procedimiento de máxima verosimilitud que estima un conjunto de coeficientes para cada segmento. Los coeficientes proveen información acerca de la importancia relativa del tiempo de viaje y costo de la cuota que puede usarse para inferir los valores del tiempo de los usuarios.

Los modelos asumen que a un usuario i se le pueden presentar opciones actuales o hipotéticas en un tiempo t entre j alternativas. Es así que el usuario escogerá la opción que maximiza una función de utilidad aleatoria:

$$U_{itj} \equiv \theta_{ij} + \beta_i X_{itj} + \varepsilon_{itj}$$

Las distintas funciones de utilidad son calibradas para cada estrato de mercado y, cuando son aplicadas al modelo tipo Logit, se relacionan las diferencias de tiempo, tarifa del servicio, frecuencia de paso, número de transbordos, así como variables subjetivas que completan de mejor manera la función de utilidad.

Este tipo de calibración se realiza con un proceso estadístico de regresión no lineal complejo, por lo que en este caso se ocupó el software estadístico NCSS para procesar la información.

Modelo multinomial Logit

Una vez obtenidas las funciones de utilidad para cada modo y segmento de demanda a partir de las encuestas de preferencia declarada, se utiliza el modelo multinomial Logit para estimar la proporción del total de viajes potenciales que seleccionarán la opción i de acuerdo a la siguiente relación.

$$p(i) = \frac{e^{U_j}}{\sum_j e^{U_j}}$$

Dónde:

$P(i)$ = Probabilidad de seleccionar la opción i

U_i = Resultado de la función de utilidad de la opción i

$\sum_j e^{U_j}$ = Sumatoria de base e de la utilidad de todas las alternativas disponibles

El resultado del proceso de selección de una opción i en un estudio de demanda de un nuevo modo de transporte, es la obtención de matrices para cada tipo de vehículo y estrato de demanda, que deciden pagar una cuota determinada y matrices de aquellos usuarios que no deciden pagar la cuota y utilizarán los modos de transporte actuales.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Ahora bien, para calcular los valores del tiempo es necesario retomar la función de utilidad donde las variables se incluyen en X_{itj} la medida de la cuota se obtiene con C_{itj} , el tiempo de viaje T_{it} . De esta manera los valores del tiempo se definen como:

$$VOT = \frac{\partial u_{itj} / \partial T_{itj}}{\partial u_{itj} / \partial C_{itj}}$$

En general, las derivadas mostradas permiten que el VOT dependa no solo del viajero i sino también de la alternativa j o el tiempo t de cuando se realiza la elección.

Desarrollo del modelo de asignación de viajes

Habiendo completado la componente de distribución de viajes y obtenido la matriz OD, se calibrarán algoritmos para establecer los modos de transportación en que se efectuarán estos viajes. Estos algoritmos se desarrollarán para un mínimo de tres modos genéricos:

- Transporte individual motorizado (auto). Incluye autos, taxis, motocicletas, camionetas y camiones de carga.
- Transporte de alta ocupación (transporte público). Incluye autobuses en servicio normal y servicio especial.
- Transporte peatonal y ciclista (no-motorizado).

Las proporciones de uso de estos tres modos de transporte se expresarán como porcentajes del total de viajes-persona diarios entre las micro-zonas. La metodología para establecer la partición modal deberá ser a través de modelos de selección discreta o "discrete choice". En general, los modelos *discrete choice* arrojan la probabilidad individual de seleccionar un modo particular de viaje, basado en una medida relativa de su atractividad, comparada con otros modos. Esta medida de atractividad se provee a través del desarrollo de una función de utilidad por modo. Derivado de su naturaleza probabilística, estos modelos son también conocidos como modelos de utilidad aleatoria, y son calibrados mediante métodos de máxima verosimilitud (maximum likelihood).

En el caso de la estimación de los modelos de elección discreta, Visum tiene la capacidad de realizar regresiones logísticas y así estimar los parámetros de la función de utilidad de un modelo de elección discreta. Sin embargo, se tiene la experiencia que el uso de programas estadísticos permite un mejor análisis y estimación de los modelos que utilizando Visum por lo que se utilizó el programa SPSS o NCSS para la estimación de los modelos de elección discreta. Una vez se obtuvieron las matrices de viajes por modo de transporte, se procedió a realizar las transformaciones de las matrices producción-atracción a origen-destino y a los distintos periodos de modelación en un día típico entre semana.

El paso final del proceso de modelación de demanda de viajes, es el de asignación a redes. En este paso, la matriz origen – destino de viajes para cada modo analizados se asigna a la red vial simplificada correspondiente.

En el caso de la red vial se podría emplear como base el algoritmo de usuario-en-equilibrio (UE). Tal algoritmo asigna volumen de tráfico a los enlaces de la red vial, mediante un proceso gradual e iterativo que equilibra los niveles de

Análisis Costo Beneficio del TITV

congestionamiento entre caminos alternativos, con costo (tiempo) similar. El proceso involucra la reestimación de velocidades de desplazamiento, tomando en consideración el incremento en congestionamiento conforme se acumula el volumen de tráfico. Como resultado de este paso se obtienen las redes viales "cargadas" con volumen de tráfico y velocidad de cada enlace. En el caso del transporte colectivo, la asignación de viajes se realizará por el procedimiento Pathfinder. En el caso de la red no-motorizada se empleará el procedimiento all-or-nothing (AON), que no considera restricciones de capacidad.

Validación de modelo de transporte Base

Habiendo calibrado los parámetros del modelo de transporte, el grupo consultor lo aplicó a las condiciones actuales de línea base, y comparó sus resultados con observaciones de campo. Esta comparación arrojó diferencias mínimas para considerar validado al modelo de transporte de línea base y permitió emplear sus parámetros para pronóstico de escenarios futuros. La validación del modelo de transporte de línea base se realizó bajo tres enfoques:

- Validación por arco
- Validación por red
- Validación por indicador

Validación por arco

En primer lugar, el modelo se validó con respecto a la muestra aleatoria de 60 segmentos de un kilómetro de la red vial representada en el modelo de transporte, así como los puntos de aforo visual de transporte colectivo. De estos segmentos, se obtendrán en campo dos variables:

- Volumen diario vehicular
- Volumen diario de pasajeros en transporte colectivo

Habiendo obtenido tal información de campo para cada segmento seleccionado, se comparó con el dato arrojado por el modelo de transporte para el arco correspondiente. Como criterio de validación para el volumen vehicular, la desviación por arco entre el dato observado en campo y el obtenido del modelo de transporte, no fue ser mayor a los siguientes porcentajes:

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 2-28. Volumen diario vehicular

Volumen diario vehicular (de aforo en campo)	% máximo de desviación
<2,500	150%
entre 2,500 y 10,000	50%
entre 10,000 y 50,000	20%
>50,000	10%

Fuente: ILF USTRAN.

Como criterio de validación para el volumen de pasajeros de transporte público, la desviación por arco entre el dato observado en campo y el obtenido del modelo de transporte, no fue mayor que los siguientes porcentajes:

Tabla 2-29. Volumen diario de pasajeros

Volumen diario de pasajeros en transporte colectivo (de aforo en campo)	% máximo de desviación
<25,000	150%
>25,000	30%

Fuente: ILF USTRAN.

Validación por red

Esta validación revisó los parámetros promedio de la red, aunque también basados en la muestra aleatoria de segmentos viales previamente definida para la validación por arco. Para este enfoque de validación se obtuvieron las siguientes variables:

- KVR diario
- Velocidad diaria

El KVR (kilómetros-vehículo recorridos) es una medida de la actividad vehicular diaria que tiene lugar en la red vial. Para su estimación en campo, primeramente de cada arco aforado i se necesita obtener el volumen de tráfico diario por carril:

$$VD_{carril_i} = \frac{VD_i}{c_i}$$

Dónde:

Análisis Costo Beneficio del TITV

VDcarril : Volumen-carril diario aforado en campo, y correspondiente al arco i

VD i : Volumen diario vehicular aforado en campo, correspondiente al arco i

c i : Número de carriles de circulación vehicular del arco i, obtenido de la red codificada en el modelo de transporte

Posteriormente se estimó el promedio estadístico del KVR, así como su intervalo de confianza para $\alpha = 15\%$, suponiendo una distribución normal:

$$\overline{KVR} = \overline{VDcarril} \cdot \sum_{j=1}^j L_j c_j$$

Dónde:

KVR : Promedio estadístico del KVR diario aforado en campo.

VDcarril : Promedio estadístico del volumen-carril diario aforado en campo.

L j : Longitud (kilómetros) del arco j, obtenida de la red codificada en el modelo de transporte

c j : Número de carriles del arco j, obtenido de la red codificada en el modelo de transporte

J modelo de transporte: Total de arcos codificados en la red del modelo de transporte

IKVR: Intervalo de confianza del KVR ($\alpha = 15\%$)

eKVR: Error estándar de KVR

Finalmente, se estimó el KVR modelo de transporte empleando directamente los volúmenes arrojados por el modelo de transporte. Este valor debe ubicarse dentro del intervalo de confianza IKVR, para considerar validado el KVR diario.

$$KVR_{MDD} = \sum_{j=1}^j L_j \cdot VD_{MDDj}$$

VD modelo de transporte j: Volumen diario vehicular arrojado por el modelo de transporte para al arco j.

Para la validación de la velocidad diaria de la red, se realizaron aforos de velocidad en campo con el inventario de tiempos de recorrido antes mencionado en esta propuesta, sobre los segmentos de 1 km y sentido de circulación seleccionados aleatoriamente. El procedimiento para aforo de velocidad se realizó mediante la técnica del “vehículo flotante”, para un mínimo de 5 ejercicios por segmento durante la hora de máxima demanda detectada (hrMAX). Se deberán asimismo realizar 3 ejercicios por segmento durante la hora de mínima demanda detectada (hrMIN), en estos casos cuidando llevar gradualmente al vehículo hacia el límite de velocidad sin rebasarlo, y manteniéndolo así en tanto las condiciones encontradas en el trayecto lo permitan.

De lo anterior, fue posible establecer para cada segmento k una velocidad promedio en hora de máxima demanda ShrMAXk, y una velocidad promedio en hora de mínima demanda ShrMINk. Estos datos se emplearán entonces para aproximar la velocidad en cada hora del día de cada segmento k, con base en el volumen vehicular horario Vkh, obtenido previamente de los aforos seccionales.

Análisis Costo Beneficio del TITV

$$S_{kh} = S_{hrMAXk} - (V_{kh} - V_{hrMINk}) \times \frac{S_{hrMAXk} - S_{hrMINk}}{V_{hrMAXk} - V_{hrMINk}}$$

Dónde:

Skh : Velocidad vehicular estimada del segmento k, en la hora h.

Vkh : Volumen vehicular promedio del segmento k, en la hora h (obtenido de aforos seccionales).

ShrMAXk : Velocidad vehicular promedio en hora de mínima demanda, para el segmento k.

ShrMINk : Velocidad vehicular promedio en hora de máxima demanda, para el segmento k.

VhrMAXk : Volumen vehicular promedio en hora de máxima demanda, para el segmento k.

VhrMINk : Volumen vehicular promedio en hora de mínima demanda, para el segmento k.

Validación por indicador

Ante la creciente necesidad de optimizar el empleo de recursos para infraestructura, al mismo tiempo mejorando la calidad de vida y productividad de la zona metropolitana, se adoptó el concepto de movilidad sustentable, entendiendo ésta como la movilidad que no compromete los recursos de la presente y futuras generaciones, y que se puede resumir en las siguientes metas:

- Minimizar la necesidad de viajes
- Minimizar costos de infraestructura, operación y su mantenimiento
- Minimizar costos al usuario (incluyendo tiempos de traslado)
- Minimizar el impacto al medio ambiente (reducción del empleo de energéticos y de las emisiones ambientales resultantes)

Estimación de demandas por modos

El tipo de modelo utilizado es denominado de elección discreta. Dicho modelo permite la estimación de la probabilidad que un individuo escoja una alternativa determinada en función de sus características socioeconómicas y de la conveniencia relativa de cada opción de viaje incluyendo el costo de acceso al Tren suburbano propuesto y motivo de este estudio. Además, el modelo permitió la estimación de los valores de los ahorros de tiempo de viaje y de espera. Para la estimación confiable del valor del tiempo de los usuarios del transporte urbano de la ciudad, se realizaron encuestas de preferencias declaradas que incluyeron preguntas específicas a la preferencia, en el experimento de preferencia declarada (PD), y preguntas complementarias sobre las características socioeconómicas del encuestado. Estas preguntas permitieron evaluar las preferencias y por consecuencia la utilidad derivada de los usuarios, considerando tanto los modos de transporte existentes como los potenciales.

La estimación estadística fue completada usando un procedimiento convencional de máxima verosimilitud que estima un conjunto de coeficientes para cada segmento. Los coeficientes proveen información acerca de la importancia relativa del tiempo de viaje y costo de la cuota que puede usarse para inferir los valores del tiempo de los usuarios.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Función de Utilidad

Los modelos asumen que a un usuario i se le pueden presentar opciones actuales o hipotéticas en un tiempo t entre j alternativas. Es así que el usuario escogerá la opción que maximiza una función de utilidad aleatoria:

$$u_{itj} = \theta_{ij} + \beta_i X_{itj} + \varepsilon_{itj} \quad (1)$$

Las distintas funciones de utilidad fueron calibradas y aplicadas al modelo multinomial Logit, con lo cual se relacionaron las diferencias de tiempo, tarifa del servicio, número de transbordos, así como también las variables cualitativas que completan de mejor manera la función de utilidad.

Este tipo de calibración se realizó con un proceso estadístico de regresión no lineal complejo, por lo que en este caso se utilizó el software estadístico Easy Logit Model (ELM) para procesar la información. El modelo inicialmente se estimó con todas las variables determinadas en la encuesta de preferencia declarada. Sin embargo, el proceso de estimación incluyó un proceso de ajuste para excluir variables no significativas. Es decir, los modelos fueron escogidos para maximizar las diferencias entre ellos, a partir de que las variables utilizadas mostraran una significancia estadísticas, y por consiguiente se lograran estimar modelos estadísticamente diferentes entre sí.

De esta forma, se utilizó la siguiente ecuación de utilidad:

$$U = \alpha_0 + \alpha_1 ATWT_1 + \alpha_2 InVh_2 + \alpha_3 TT_3 + \alpha_4 F_4 + \alpha_5 HI_5 + \alpha_6 EM_6 + \alpha_7 LT_7 + \alpha_8 HB_8 \quad (2)$$

Dónde:

$ATWT$	=	Tiempo de acceso y de espera al sistema
$InVh$	=	Tiempo en el vehículo
TT	=	Tiempo Total de viaje
F	=	Tarifa
EM	=	Si el viaje se realizó en el Estado de México
LT	=	Si el recorrido fue un viaje largo i.e. tiempo total > 45 minutos
HB	=	Si el viaje fue originado en casa

Tipos de Modelo

Se generaron tres modelos generales, uno para cada tipo de usuario:

- Modelo General para Usuarios del Transporte Público Local
- Modelo para Usuarios de Automóviles
- Modelo para Usuarios de Autobuses Foráneos
- Modelo para Empleados de Aeropuerto
- Modelo para Pasajeros en Aeropuerto

Análisis Costo Beneficio del TITV

Además, para el caso de los usuarios del transporte público y foráneo, el motivo de viaje se agrupo en tres categorías y se generaron los siguientes modelos:

- Hogar a trabajo a compras
- Trabajo o compras a hogar
- Otros viajes

A continuación se presentan los coeficientes del modelo y sus valores t-statistics que nos sirven para identificar cuando los coeficientes no son iguales a cero.

Figura 2-73 Coeficientes de impedancias

Variables	Constante	Tiempo de Viaje (min)	Costo de Viaje (pesos)	Transbordos	Intervalo de Paso (min)
Transporte Público Local	0.2565	-0.0044	-0.0147	-0.7747	-0.0087
Transporte Público Foráneo	1.6847	-0.0074	-0.0166	-0.0346	-0.0132
Automovilistas	-0.1522	-0.0085	-0.0114	-1.9856	-0.0175
Empleados de Aeropuerto	1.1155	-0.0034	-0.0167	-1.0544	-0.0068
Pasajeros en Aeropuerto	0.8814	-0.0175	-0.0061	-2.1355	-0.0352

Fuente. ILF USTRAN.

Modelos de elección discreta

Como se observa, las variables costo y tiempo de viaje muestran una significancia estadística importante para todos los modelos. Ambos coeficientes indican que, en promedio, un incremento en la tarifa o el tiempo de espera o acceso significarían una reducción en la utilidad del segmento en análisis, lo que se traduce en un mayor costo de viaje para posibles usuarios. Además, como se observa, existe una correlación positiva entre los ingresos altos y la utilidad de ocupar el tren propuesto. En el caso del modelo general, se encontraron diferencias entre las zonas y tipo de viaje (corto o largo) en donde se realizaron los viajes.

El modelo indica que para los usuarios que realicen viajes largos, el tren propuesto generará, en promedio, un mayor nivel de utilidad que a otros tipos de usuarios. Finalmente, los resultados indican que la reducción en el tiempo total de viaje, a pesar de ser estadísticamente diferente de cero, esta variable no es tan importante. Estos resultados sugieren que los usuarios requerirían de un gran ahorro del tiempo de viaje en el vehículo para contrarrestar el costo de acceso al sistema que incluye el tiempo de caminar y de espera.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Estimación de demandas por combinaciones de modos

Una vez obtenidas las funciones de utilidad para cada modo de transporte en análisis así como el segmento de demanda a partir de las encuestas de preferencia declarada, se utilizó el modelo multinomial Logit para estimar la proporción total de viajes potenciales que seleccionarán la opción i de acuerdo a la siguiente relación:

$$p(i) = \frac{e^{U_j}}{\sum_j e^{U_j}} \quad (2)$$

Dónde:

$p(i)$ = probabilidad de seleccionar la opción i

U = resultado de la función de utilidad de la opción i

$\sum_j e^{U_j}$ = sumatoria de base y de la utilidad de todas las alternativas disponibles

Criterios de asignación

El modelo de asignación de tránsito vehicular y de pasajeros desarrollado es estático y probabilístico. El modelo de asignación estático asume que las condiciones de la oferta y la demanda permanecen constantes a lo largo del periodo de modelación, es decir, se asume que las velocidades, la capacidad, los patrones de viaje y las características de los mismos permanecen constantes. En cambio, la asignación dinámica permite representar condiciones cambiantes de la demanda o de la oferta dentro del periodo de modelación.

El método de asignación determinístico asume que los individuos que son asignados a la red tienen un conocimiento completo de las condiciones de las rutas posibles entre el origen y destino de su viaje, además de conocer la totalidad de las rutas. En cambio, el método de asignación estocástico asume que los individuos que deciden sobre las distintas rutas no cuentan con información completa y por lo tanto se asume que existe una distribución estadística asociada con las variables relacionadas con la asignación de viajes, especialmente el tiempo de viaje entre el origen y destino de cada viaje realizado.

En el modelo desarrollado para este proyecto, el algoritmo utilizado para el transporte privado es un modelo de equilibrio de usuario estocástico. Este algoritmo asume que los usuarios en principio seleccionan la mejor ruta para completar su viaje pero evalúan cada ruta de manera diferente debido a que no cuentan con información completa o distinta de cada una de ellas. La demanda es distribuida a las rutas encontradas utilizando un modelo Logit. Utilizando tal modelo, cada ruta es evaluada según la impedancia de cada una de ellas que se compone, en este modelo, principalmente del tiempo de viaje y la cuota que puedan incurrir en su trayecto los usuarios. La función de impedancia fue estimada a partir del análisis de las encuestas de preferencia declarada y revelada realizadas a los automovilistas. La función y los coeficientes de la función de impedancia son los siguientes:

De esta forma, se utilizó la siguiente ecuación de utilidad:

Análisis Costo Beneficio del TITV

$$U = \alpha_0 + \alpha_1 ATWT_1 + \alpha_2 \ln Vh_2 + \alpha_3 TT_3 + \alpha_4 F_4 + \alpha_5 HI_5 + \alpha_6 EM_6 + \alpha_7 LT_7 + \alpha_8 HB_8 \quad (2)$$

Dónde:

ATWT = Tiempo de acceso y de espera al sistema
 lnVh = Tiempo en el vehículo
 TT = Tiempo Total de viaje
 F = Tarifa
 EM = Si el viaje se realizó en el Estado de México
 LT = Si el recorrido fue un viaje largo i.e. tiempo total > 45 minutos
 HB = Si el viaje fue originado en casa

Figura 2-74. Coeficientes de funciones de impedancia

Variables	Constante	Tiempo de Viaje (min)	Costo de Viaje (pesos)	Transbordos	Intervalo de Paso (min)
Transporte Público Local	0.2565	-0.0044	-0.0147	-0.7747	-0.0087
Transporte Público Foráneo	1.6847	-0.0074	-0.0166	-0.0346	-0.0132
Automovilistas	-0.1522	-0.0085	-0.0114	-1.9856	-0.0175
Empleados de Aeropuerto	1.1155	-0.0034	-0.0167	-1.0544	-0.0068
Pasajeros en Aeropuerto	0.8814	-0.0175	-0.0061	-2.1355	-0.0352

Fuente: SENER.

Para el caso de transporte público, se utilizó un algoritmo de asignación probabilística basada en el intervalo de paso del servicio de transporte público. Este tipo de algoritmo cada ruta de transporte público está determinada por su derrotero, las velocidades de recorrido y el intervalo de paso. Adicionalmente, se incluye información relevante como el tiempo de acceso y egreso, tiempo de transbordo, número de transbordos.

La asignación por intervalos de paso consiste en tres etapas:

- Estimación de intervalo de paso
- Búsqueda y selección de ruta de transporte según la impedancia de cada una de ellas
- Asignación de la demanda a rutas de transporte

Análisis Costo Beneficio del TITV

En la segunda etapa, el algoritmo busca rutas factibles entre cada par origen – destino y de acuerdo a un modelo probabilístico Logit estimado de las encuestas de preferencia declarada aplicadas a los usuarios de transporte público, estima la probabilidad de que el usuario utilice cada una de ellas. La función de impedancia y los coeficientes utilizados en la misma se presenta en la siguiente figura, tal como se especificó en el modelo de transporte desarrollado en el software Visum.

Modelos de partición modal

Los modelos de partición modal fueron estimados a partir de las encuestas de preferencia revelada y declarada aplicadas a los siguientes segmentos de demanda potencial del Tren México – Toluca:

- Usuarios de transporte público local en el Área Metropolitana de la Ciudad de México
- Usuarios de transporte público local en el Área Metropolitana de Toluca
- Usuarios de transporte público interurbano
- Automovilistas que transitan entre ambas áreas metropolitanas
- Empleados y pasajeros que utilizan el Aeropuerto de Toluca

Los modelos de partición modal estimados fueron del tipo de elección discreta y del tipo Logit. Estos modelos permiten estimar la probabilidad de que un segmento de demanda utilice los modos disponibles para completar su viaje entre el origen y destino del mismo. La probabilidad se estima bajo la siguiente ecuación:

$$p(i) = \frac{e^{U_j}}{\sum_j e^{U_j}} \quad (2)$$

Dónde:

$p(i)$ = probabilidad de seleccionar la opción i

U = resultado de la función de utilidad de la opción i

$\sum_j e^{U_j}$ = sumatoria de base y de la utilidad de todas las alternativas disponibles

Las funciones de utilidad y los coeficientes de las mismas se presentan a continuación:

$$U = \alpha_0 + \alpha_1 ATWT_1 + \alpha_2 InVh_2 + \alpha_3 TT_3 + \alpha_4 F_4 + \alpha_5 HI_5 + \alpha_6 EM_6 + \alpha_7 LT_7 + \alpha_8 HB_8 \quad (2)$$

Dónde:

ATWT = Tiempo de acceso y de espera al sistema
InVh = Tiempo en el vehículo
TT = Tiempo Total de viaje
F = Tarifa

Análisis Costo Beneficio del TITV

- EM = Si el viaje se realizó en el Estado de México
 LT = Si el recorrido fue un viaje largo i.e. Tiempo total > 45 minutos
 HB = Si el viaje fue originado en casa

Tabla 2-30. Coeficientes de funciones de impedancia por segmento de demanda

Variables	Constante	Tiempo de Viaje (min)	Costo de Viaje (pesos)	Transbordos	Intervalo de Paso (min)
Transporte Público Local	0.2565	-0.0044	-0.0147	-0.7747	-0.0087
Transporte Público Foráneo	1.6847	-0.0074	-0.0166	-0.0346	-0.0132
Automovilistas	-0.1522	-0.0085	-0.0114	-1.9856	-0.0175
Empleados de Aeropuerto	1.1155	-0.0034	-0.0167	-1.0544	-0.0068
Pasajeros en Aeropuerto	0.8814	-0.0175	-0.0061	-2.1355	-0.0352

Fuente: INEGI.

Así los resultados obtenidos de la modelación son los siguientes:

La demanda actual es de 776,819 pax, de la cual el tren capta el 35.25% que corresponde a 273,850pax por día.

De la demanda captada por el tren (273,850pax por día) el 92.47% proviene de la demanda del transporte público convencional, es decir 253,239pax, y la diferencia, 20,612pax (7.53%) corresponde a la demanda del transporte particular.

Del total de los viajes captados por el tren, 9,062 se realiza en el interior de Toluca, 80,439 se lleva a cabo en el interior del DF y 184,349 son viajes entre las entidades federativas.

La demanda no captada por el tren es de 502, 968 pax de los cuales el 41.14% se desplaza en transporte público y el 58.86% se desplaza en transporte privado; un total de 264,895 viajes se realiza en Toluca, 126,050 en el interior del DF y 112,023 entre entidades federativas.

En cuanto a los motivos de viaje para la demanda no captada por el tren, el 40% sigue siendo por motivos de trabajo y el 60% corresponde a otros motivos.

En razón de lo anterior, la demanda captada por el tren mantiene los porcentajes de los motivos de viaje, es decir, de los 273,850 viajes 109,540 son realizados por motivos de trabajo y 164,310 es por otros motivo, lo cual representa un 40% y 60% respectivamente.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Con la finalidad de ilustrar la magnitud de la demanda que se mueve internamente en Toluca, DF y aquella que se desplaza entre entidades federativas, se muestra la comparativa antes y después del proyecto.

Las demandas obtenidas, son el resultado de la aplicación del modelo de transporte generado en VISUM, en primera instancia la demanda captada por el tren está en función de las impedancias consideradas, es decir, de la tarifa y el tiempo de viaje; aplicando un modelo de selección modal (logit), se calcula el total de pasajeros que migran desde el transporte público y privado hacia el nuevo sistema de transporte, el cual presenta un tiempo de viaje más corto que el transporte convencional, es decir la impedancia en ese sentido es menor.

Evidentemente los tiempos considerados para la selección modal son de puerta a puerta, lo cual quiere decir que las estaciones se encuentran ubicadas en sitios en los cuales el traslado desde el origen inicial del usuario no excede el tiempo que actualmente camina hasta una estación de transporte público, así mismo las conexiones con el transporte convencional se encuentran a una distancia lo suficientemente cerca para minimizar el tiempo total de viaje.

Por otra parte, el tiempo de viaje del tren de extremo a extremo, se realiza en poco menos de 40 min. Lo cual comparado con el tiempo de viaje actual que en hora de máxima demanda puede estar hasta en 1.5 h, es comprensible que un gran número de personas tiendan a cambiar el modo actual de transporte.

En cuanto a la tarifa del tren de \$40.00 para los viajes interurbanos y \$6.00 para viajes locales, resulta altamente competitiva con las tarifas actuales del transporte público.

Lo anterior implica que la demanda que atenderá el tren, no es posible calcularla de manera empírica, sino más bien es la aplicación de algoritmos que conforman todo del modelo de planeación del transporte en la región. Por lo anterior la demanda del tren no puede variarse empíricamente para establecer una magnitud menor a la estimada por el modelo.

De la información gráfica se observa que para el año de operación 2047, se realizarán diariamente 343,211 viajes entre el DF y Toluca, 17,129 viajes se realizarán de manera interna en Toluca y 150,970 viajes internos en el DF.

2.4.1. Demanda Inducida por proyectos largo plazo

Por otra parte, resulta necesario mencionar aspectos derivados de potenciales proyectos que pueden impactar en la magnitud de la demanda calculada para el tren, en dicho tenor la demanda inducida por los futuros proyectos que pudieran resultar a largo plazo, fue considerada en el estudio realizado ya que las encuestas Origen Destino y las de Preferencia Declarada se aplicaron en observatorio y en Toluca a una muestra del universo de personas que llegan a dichos puntos punto, es decir, las personas que al día de hoy tienen la necesidad de llegar a Observatorio o a Toluca por el medio que sea, inclusive aquellas que se verán beneficiadas por la probable ampliación de la Línea 12 han sido entrevistadas y no se espera un aumento de viajes potencial en el tren; en el mismo tenor, la puesta en operación de una línea de tren no es por si sola un generador o tractor de viajes, es decir no es un motivo para viajar.

Existen estudios previos para una posible implantación de una línea de Mexibus entre los municipios de Zinacantepec y Toluca. Se identifica que en caso de construirse este sistema adjunto, no supondrá competencia para el tren, por lo contrario, su presencia favorecería la alimentación de las estaciones colindantes.

3. Situación sin el proyecto

3.1. Optimizaciones

De conformidad con la metodología del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) para proyectos de transporte, en la determinación de la oferta de infraestructura carretera se consideraron las siguientes optimizaciones:

Si la superficie de rodamiento de las carreteras actuales se encuentra en condiciones malas o regulares o está muy deteriorada la carpeta de rodado, es decir, el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es mayor a 5 m/km, se recomienda como medida de optimización mejorar las condiciones de la superficie, mediante la aplicación de un riego de sello o un bacheo. Generalmente estas medidas permiten mejorar el IRI hasta 3.5. Para efectos de la determinación de la situación optimizada o sin proyecto se considerará un IRI de 3 m/km en las vías relevantes.

Si no existieran, o bien, los señalamientos verticales y horizontales se encontraran en “mal” estado de conservación, también se recomendaría como acción de optimización mejorar y/o colocar este tipo de señalamientos. Si las líneas laterales y divisorias se encuentran “mal” pintadas, la medida de optimización sería mantener “bien” pintadas estas líneas.

Asimismo, en el transcurso del segundo semestre de 2012 e inicios de 2013, se concluyeron obras relevantes en el tramo de la Carretera Federal Toluca México que a la altura del Yaqui y hasta el entronque de Constituyentes. Destacan entre otras las siguientes obras que forman parte del conjunto de acciones de optimización que se han incorporado al análisis de la situación optimizada, para determinar la situación sin proyecto.

Se concluyó las adecuaciones al puente vehicular “El Yaqui - San José de los Cedros”, con el que se agilizó el paso de unos 135 mil usuarios diariamente en esa zona. Se estima que la obra mejore el nudo vial del cruce de las avenidas San José de los Cedros y José María Castorena, agilice la afluencia a la carretera México - Toluca, reordene el tránsito local y reduzca los tiempos de traslado. Esta obra, de acuerdo con la autoridad capitalina debió hacerse hace 17 años para evitar los problemas de tráfico en la zona. También se terminó la segunda etapa del túnel de Echanove y la construcción de vialidades en Santa Fe, la salida a Toluca, Reforma y Constituyentes, Echanove, Lilas y la conexión hacia el sur de la ciudad mediante la Supe Vía Poniente.

Al respecto como se señaló anteriormente, la oferta vial relevante en la zona de estudio, se considera que se encuentra en condiciones tales que correspondan a los resultados de la aplicación de los respectivos programas de mantenimiento, tanto correctivo como preventivo.

A partir de la problemática existente, es necesario identificar condiciones que deriven de omisiones u otra clase de problemas que se adicionan a la problemática existente, y que por tanto se pueden corregir mediante acciones menores, que permitan partir un escenario base optimizado.

La razón de esta identificación es para ubicar en su justa dimensión, la base sobre el cual han de proponerse alternativas de solución a la problemática existente, que eviten atribuir costos o beneficios indebidos a las posibles soluciones que se analizan más adelante.

Análisis Costo Beneficio del TITV

En este sentido, del análisis realizado se obtuvieron una serie de acciones que se pueden llevar a cabo por parte de la autoridad en sus distintos órdenes de gobierno (federal, estatal, municipal y/o delegacional) con poco esfuerzo. Estas acciones identificadas se analizan para determinar si son susceptibles de ser implementadas, y en su caso, si los costos de su implementación son menores en comparación con los costos en que se incurriría en cada una de las posibles alternativas de solución.

De las acciones identificadas que generarían una mejora a la problemática descrita en el capítulo anterior, algunas de ellas se localizan en la ZMVT. Otras más se relacionan con lo que ocurre en la salida al poniente de la ZMVM, particularmente, en el conjunto de vialidades de Observatorio (en el tramo de Periférico a Constituyentes, en ambos sentidos), Constituyentes (en el tramo de Periférico y hasta su incorporación al cruce con Av. Paseo de la Reforma, en ambos sentidos), Av. Paseo de la Reforma (desde el cruce con Constituyentes y hasta Santa Fe en ambos sentidos, la carretera Federal México Toluca, particularmente en el tramo comprendido entre el cruce de Constituyentes y Av. Paseo de la Reforma, y hasta el puente del Yaqui), la Avenida Vasco de Quiroga (desde su cruce con Alta Tensión y hasta la zona de Santa Fe) y la Súper Vía Poniente (en su tramo correspondiente a la Av. de los Poetas).

En la zona de Toluca, el análisis se circunscribe a Av. Paseo Toluca (desde su cruce con Colon y hasta Río Lerma), Av. de las Torres (desde Zinacantepec y hasta su incorporación a la Carretera Federal México Toluca), en el municipio de Lerma, Av. 5 de Mayo en sus cruces con Paseo Toluca y Las Torres.

Av. Pino Suárez (en sus cruces con Paseo Toluca y Las Torres), Avenida Tecnológico, Av. Pilares, Av. Ignacio Comonfort, y el Boulevard Aeropuerto, así como la Av. Independencia en San Mateo Atenco, todas ellas, en sus zonas de cruce con Paseo Toluca y Av. de las Torres.

Carretera Zinacantepec Toluca y Av. Alfredo del Mazo, así como las Avenidas Morelos e Hidalgo, Independencia y Av. Fidel Velázquez.

Reordenamiento de rutas de Transporte Público de Toluca, en sus principales rutas relacionadas con el área de influencia se tomó en consideración como parte de las optimizaciones, con resultados poco significativos.

La separación de la central camionera de Toluca, para que dé servicio desde varias centrales de menor tamaño, que impidan la concentración en un solo punto, lo cual implica al menos 3 estaciones, una al poniente de Toluca, otra al norte de la ZMVT y otra más en el Sur (Metepec).

En el tramo interurbano, las optimizaciones derivan de modificaciones en el método de cobro en las casetas, para implementar telepeaje.

Todas estas acciones suponen que los servicios de transporte y la oferta de infraestructura se encuentran en condiciones óptimas de operación y mantenimiento, al considerar que las vialidades tienen un índice Internacional de Rugosidad (IRI) de 3 m/km.

Este conjunto de acciones podrían generar una mejora a la población que viaja tanto en transporte privado como en transporte público. Las condiciones actuales bajo las que opera tanto la carretera libre como la de cuota presentan problemas que deben atenderse, ya que, si bien el tramo interurbano puede considerarse que tiene una capacidad suficiente, las puertas de entrada tanto a Toluca como a la Ciudad de México muestran situaciones de congestión

Análisis Costo Beneficio del TITV

debido a cuellos de botella. Otro problema es que las mismas características geográficas no permiten una ampliación de la capacidad de las vías en esta zona.

Hace 28 años, se realizó un análisis de factibilidad y de beneficio costo similar al actual, bajo condiciones tripartitas (Gobierno del Distrito Federal, Estado de México y Secretaría de Comunicaciones y Transportes)². En ese entonces se señalaba la urgencia de conectar las zonas metropolitanas de Toluca y México con un transporte férreo eficiente y que permitiera reducir los tiempos de traslado entre ambas poblaciones, impulsar un desarrollo urbano armónico y congruente con una política centrada en la densificación del territorio y promoción de un sistema de transporte público. En dicho estudio, se señaló que para el año 2013 se presentaría una demanda potencial de viajes en la zona de influencia de entre 254 y 302 mil viajes pasajero día (VPD), dependiendo de las condiciones tarifarias, de velocidad, número de estaciones e intervalos buscados. En caso de no atender la demanda mediante un modo ferroviario, se debería de utilizar de manera intensiva el transporte terrestre, mediante la intensificación del uso de autobuses foráneas con intervalos de salida regulares. Esta condición se ha cumplido 28 años después, tal y como el consultor previó que podía suceder. Esto quiere decir que en un sentido amplio, la forma como opera actualmente el servicio de transporte interurbano, corresponde a una situación óptima. Las unidades son modernas, la flota se actualiza con frecuencia, las salidas se realizan con regularidad, el servicio es de calidad y los precios del servicio están alineados a precios de mercado de servicios similares en el resto del país.

Otros elementos que se consideraron como posibles acciones de optimización son los siguientes:

Medidas de optimización en la ZMVT:

Promover el reordenamiento del transporte público en la zona a partir de un corredor central de transporte masivo. Al respecto, si bien desde el punto de vista técnico es posible realizarse, su implementación es compleja y tardada. Se requiere realizar un estudio adicional para poder cuantificar con precisión el efecto de dicha medida, sin embargo, es previsible a su vez que la demanda de la zona poniente del Valle de Toluca se vea incrementada, por lo que el efecto neto es incierto.

Promover un desarrollo urbano ordenado, que busque la densificación de la ciudad y no su dispersión. Esta medida es de difícil cuantificación y sus efectos son lentos y de largo plazo. Esta medida supondría un esfuerzo financiero grande para los usuarios al tener que hacer modificaciones a su patrimonio inmobiliario.

Descentralizar la terminal de autobuses con la finalidad de trasladar los flujos de transporte foráneo y suburbano a sus principales puntos de acceso actual a la ciudad. Esta medida supone inversiones importantes para la construcción de nuevos inmuebles adicionales para la edificación de las estaciones, cuyo efecto sería un proceso de descongestión en la terminal y el cambio de modo de transporte en un tramo de su viaje con recorridos ahora más largos en transporte foráneo y más cortos en transporte urbano.

² COTREM et al. Estudio de Factibilidad del Tren Regional Toluca-Naucaupan. Toluca: Comisión de Transporte del Estado de México - SOGELERG, 1984.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Integrar las terminales aérea, de autobuses y férrea en un solo punto de contacto, creando un punto de transferencia intermodal y que reduzca los tiempos de traslado y espera entre estos modos de transporte. Las inversiones requeridas para estas posibles acciones las descartan como medidas de optimización. Los beneficios serían para un porcentaje relativamente bajo de usuarios.

Controlar el acceso vehicular al cuerpo central de Paseo Tollocan, donde de acuerdo al reglamento deben transitar únicamente automóviles y camionetas particulares. Esta actividad no genera modificaciones en las velocidades de viaje de los otros vehículos.

Reducir la participación del automóvil en el reparto modal y propiciar modos de transporte con capacidad suficiente que permitan intervalos de paso razonables y en consecuencia reduzcan el flujo vehicular en las puertas de acceso a ambas ciudades. Esta medida por sí sola no es susceptible de generar un interés real por parte de los viajeros de transporte privado, a menos que sean dotados de una mejor opción que compense las molestias para los usuarios de autos particulares.

Mejorar la interconexión entre las vías existentes, (continuidad de las Torres hacia la Carretera 15D). Esta medida ha sido ya implementada, generando ahora un nodo de congestión en la incorporación de la vialidad las Torres con la carretera Federal, a la altura del municipio de Lerma. La incorporación de la vialidad Las Torres a la Carretera, por la pendiente existente en ese punto provoca una reducción de la velocidad que anula el beneficio de la descongestión generado en la Vialidad Paseo Tollocan.

Medidas de optimización en el poniente de la ZMVM

Promover el reordenamiento del transporte público en la zona a partir del nodo de transporte en Santa Fe - Interlomas con la red de metro existente. Esta medida permite no asignar beneficios al proyecto derivados de ineficiencia en el transporte local.

Fomentar los espacios públicos y paraderos de transporte público que permitan la integración del transporte público en los terrenos que ocupa la Puerta Santa Fe y bajo los puentes mencionados más adelante. Actualmente, con las acciones realizadas por el GDF, se han modificado las zonas de ascenso y descenso, sin que se haya modificado en gran medida la problemática base.

Mejorar la interconexión entre las vías existentes así como la ampliación de su capacidad, estando entre ellas las que se señalan en otros puntos de esta lista. Los costos de esta medida son de tal magnitud que rebasan las características de una optimización, y se consideran más bien como parte de las alternativas de solución. Sin embargo como se ha mencionado la entrada al D.F. representa un cuello de botella que es difícil solucionar por medio de la ampliación de las vialidades debido a las características de la zona, es decir, no hay espacios suficientes para la ampliación.

Prolongación de la Av. Vasco de Quiroga en el predio El Encino y de Carlos Fernández Graef y esquina Vasco de Quiroga. Actualmente, esta acción ya se implementó y se colocó un semáforo que ahora retrasa la incorporación de vehículos desde la carretera federal hacia la zona de Santa Fe. Sin embargo, las condiciones de la carpeta asfáltica en esta zona se pueden mejorar, aunque para efectos del presente estudio la situación optimizada se realiza considerando para el cálculo de los Costos de Operación Vehicular (COV) que las vialidades optimizadas cuentan con IRI de 3 y 3.5 m/km.

Análisis Costo Beneficio del TITV

- Ampliación de la Av. Vasco Quiroga en dos tramos y de la Av. Tamaulipas en un tramo.
- Construcción de distribuidores viales en Av. Tamaulipas y Paseo de las Lilas-Reforma (en proceso de construcción).
- Terminación del distribuidor vial que conecta la Autopista México-Toluca con los puentes de la Av. de los Poetas.
- Construcción de deprimido vial de la Av. Carlos Lazo a la Av. Tamaulipas.
- Construcción de dos puentes vehiculares sobre las vialidades Enrique del Moral y Juan O'Gorman conectando dos estacionamientos de 3,200 m² cada uno dentro del predio "La Mexicana".
- Reconformación de vialidades que comunican con los antiguos caminos a Tacubaya y Santa Lucía.
- Construcción de estacionamientos públicos en predios destinados para este fin.

Optimizaciones para el tramo Interurbano:

- Mejorar la señalización que se encuentra en mal estado y reforzar el señalamiento vertical y señalamiento horizontal.
- Mejorar los conflictos que se dan en los entronques de las diversas vías que operan dentro del corredor bajo estudio.
- Eliminar la contaminación visual debida a espectaculares y responsable de desórdenes y accidentes ocasionados por la presencia de distractores.
- Eliminar algunos retornos donde se presentan entrecruzamientos peligrosos en zonas como Salazar, Ocoyoacac y La Marquesa, entre otros.
- Mantener en buen estado de la superficie de rodamiento de las carreteras federal y de cuota que conectan ambas zonas metropolitanas.

En conclusión, el conjunto de medidas de optimizaciones referidas anteriormente ha sido incorporado al planteamiento de la situación actual, y por tanto constituyen la base para realizar el planteamiento de la situación sin proyecto. En el horizonte de evaluación se ha considerado que dichas optimizaciones se mantienen y realizan con regularidad, y los supuestos económicos adoptados incorporan variables que aunque se consideran marginales representan un cambio en los Tiempos de Viaje (TV).

Por otra parte es necesario mencionar que las rutas analizadas no tienen derrotero colonias adentro, por tal circunstancia y en virtud de que su actual derrotero es sobre avenidas principales, su desplazamiento es adecuado y no es necesario reorganizar las rutas. En caso contrario, al rediseñar las rutas a colonias adentro el derrotero aumentará y en consecuencia aumentará el tiempo de viaje, con lo que no se lograría optimizar los trayectos de la situación actual.

Es importante mencionar y recordar que las líneas de autobuses actuales son líneas troncales que se mueven por el eje principal de carreteras entre Toluca, Santa Fe y los CETRAMS del D.F., es decir, no penetran colonias adentro de forma desordenada como ocurre en otros casos. Esto significa que en su mayor parte la oferta de transporte público ya está optimizada y que muy poco se puede hacer para mejorarla.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Estas eventuales mejoras no podrán tener un impacto significativo sobre el tiempo de viaje, habiéndose estimado que este ahorro como máximo estará en torno a 1 minuto, es decir, muy pequeño.

3.2. Análisis de la oferta

La oferta en la situación optimizada o sin proyecto estará constituida al igual que en la situación actual, es decir, tanto por el transporte público como por las vías por donde éste circula ya sea en la ZMVT como en el Distrito Federal para definir las rutas y vialidades que conforman la oferta en la situación actual. Con la diferencia de la mejora en las condiciones del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) mejorado como consecuencia de las medidas de optimización.

A modo de recordar las principales vialidades del corredor analizado se presenta la siguiente información resumida.

3.2.1. Principales vialidades del corredor

El corredor Toluca - México cruza por los municipios de Toluca, San Mateo Atenco, Lerma, Ocoyoacac, Huixquilucan y finalmente las delegaciones Cuajimalpa, Miguel Hidalgo y Álvaro Obregón en el Distrito Federal. Esto, conjuntamente con las áreas de temáticas definidas en el presente estudio, ha orientado a resumir el análisis de la oferta por áreas geográficas, considerando primeramente el área correspondiente al Valle de México y posteriormente el Valle de Toluca. Debe señalarse que las relaciones interurbanas se tratan dentro de cada apartado, con el fin de ser un tanto más específico en el estudio.

El corredor que enlaza la ZMVM con la ZMVT está conformado por las siguientes vialidades, mismas que se encadenan para formar trazos viales que permiten movimientos regionales. Estas vialidades son:

- Av. Constituyentes
- Av. Observatorio
- Av. Acueducto de Las Torres
- Paseo de la Reforma
- Prolongación Av. de la Reforma
- Carretera Federal México – Toluca
- Autopista Santa Fe – La Marquesa
- Camino Real a Toluca
- Av. Primero de Mayo
- Av. Gustavo Baz
- Carretera Naucalpan – Toluca
- Paseo Toluca
- Av. Las Torres

Análisis Costo Beneficio del TITV

- Av. Tecnológico
- Paseo Colón

3.2.2. Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de México

En el análisis de la ZMVM se han considerado tres delegaciones que tienen una injerencia directa sobre el corredor Toluca - México y son: la delegación Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Miguel Hidalgo. A continuación se describen brevemente las condiciones que guarda la infraestructura dedicada al transporte, así como el sistema de transporte existente.

Figura 3-1. Infraestructura vial y sistema de transporte público en las delegaciones de influencia del corredor en la ZMVM

Delegación	Infraestructura vial	Sistema de transporte
Álvaro Obregón	San Antonio, Camino Real a Santa Fe, Vasco de Quiroga, Santa Lucía, Av. Constituyentes, Av. Observatorio, Av. Centenario, Calzada Las Águilas, Av. Toluca y Camino Real al Desierto de los Leones	STCMetro (Línea 1, 3 y 7) con 2 estaciones de paso y una terminal , 3 CETRAM, Observatorio, Barranca del Muerto y San Angel, Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal (RTP), Sistema de Transporte Eléctrico (Trolebús), rutas de microbuses y autobuses. Sitios de Taxi
Cuajimalpa	Carretera Federal México - Toluca, Autopista Constituyentes – La Venta – La Marquesa (Autopista de cuota a Toluca) y Autopista Chamapa - La Venta.	25 Rutas constituidas por transporte concesionado, 12 Rutas por la Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal (RTP) y 5 líneas de autobuses que viajan por la Carretera Federal a Toluca
Miguel Hidalgo	Vías de acceso controlado: Av. Río San Joaquín, Anillo Periférico y Viaducto Miguel Alemán. Vialidades Primarias: Av. Revolución, Av. Patriotismo, Calzada México-Tacuba, Calzada Legaría, Av. Marina Nacional, Calzada Mariano Escobedo, Av. Ejército Nacional, Paseo de la Reforma, Av. Constituyentes (Eje 1 Sur), Av. Observatorio (Eje 4 Sur), Av. Parque Lira, Vicente Eguía (Eje 3 Sur), Thiers (Eje 3 Pte.). Vías Secundarias: Miguel de Cervantes Saavedra, Lago Alberto, Newton, Homero, Horacio, Felipe Carrillo Puerto, Lago Catemaco, Gran Lago del Oso, Lago Garda-Laguna del Carmen	STCMetro (Lineas1, 2, 7 y 9) con 16 estaciones de paso dentro de su territorio, 4 CETRAM, Tacuba, Tacubaya, Chapultepec y Cuatro Caminos. Transporte público de superficie mediante autobuses urbanos y trolebuses con similar nivel de eficiencia; taxis colectivos, taxis libres y de sitio

Fuente: Ustran - ILF.

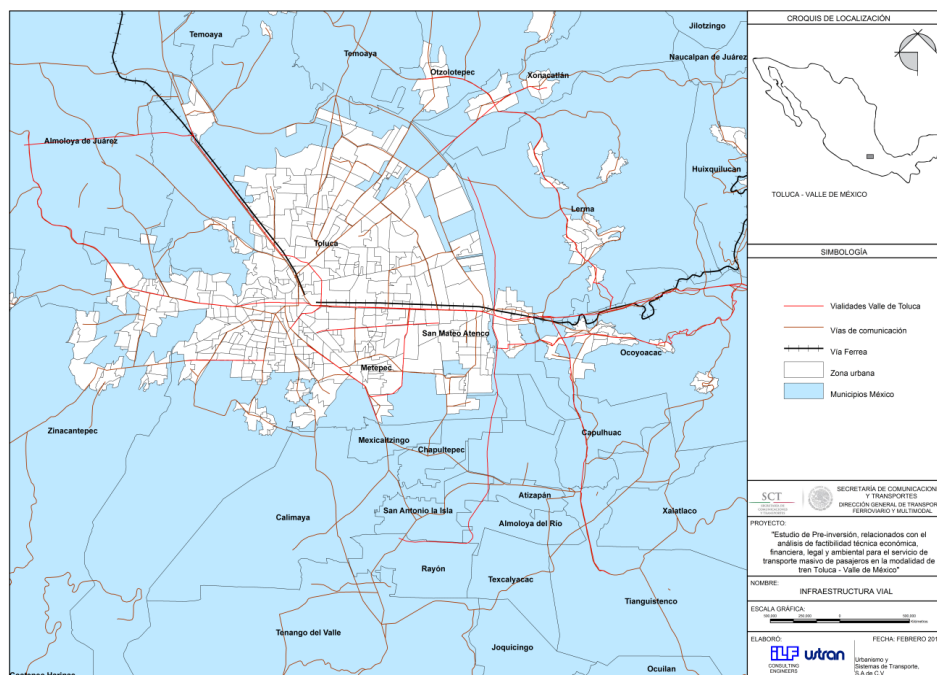
3.2.3. Oferta en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

El sistema carretero regional del Municipio de Toluca permite la comunicación con la región centro del país, la longitud de la red carretera es de 215.6 km, de los cuales 186.5 km son pavimentados y el resto revestidos; la mayoría de ellas son estatales; a estos kilómetros habrá que sumar 209.4 km correspondientes a las vialidades locales.

Análisis Costo Beneficio del TITV

El sistema vial y de transporte público en Toluca se integra y conecta con los municipios de Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlan; la siguiente figura muestra las principales vialidades que sirven de conexión entre estas entidades del Estado de México.

Figura 3-2. Principales vialidades de Toluca, Lerma, Metepec, Ocoyoacac y Xonacatlan



Fuente: Ustran-ILF

En la siguiente imagen se muestra de manera particular el comportamiento del transporte público que opera dentro de los municipios considerados en la ZMVT para este estudio.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 3-3. Infraestructura vial y sistema de transporte en Toluca, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán, Estado de México

Municipio	Infraestructura vial	Sistema de transporte
Toluca	Carretera Toluca- México libre y la autopista de cuota, Carretera Toluca- Atlacomulco, Calzada al Pacífico y Toluca- Zitácuaro (Libre y Autopista)	135 Rutas en toda la ZMVT, servicio proporcionado por autobuses, el horario de servicio impuesto por la autoridad no es respetado, hay 29 agrupaciones de transporte urbano. En cuanto a la ubicación de las paradas la mayoría son del tipo discrecional lo que repercute en el tiempo de recorrido y en el costo de operación. Los intervalos de servicio van de 4 hasta 60 minutos, por su parte las rutas mas productivas se acercan a una carga promedio de 35 a 45 pasajeros por autobús por corrida lo que se traduce en 1,600,000 viajes/persona/día. En la zona de la terminal de autobuses hay 14 sitios de taxis colectivos. Localidades como La Palma Totoltepec, Sor Juana Inés de la Cruz, Tecaxic, Palmillas, San Martín Totoltepec y Tlachaloya 1ª y 2ª sección aún no cuenta con servicio de transporte urbano y suburbano
Metepec	Carretera México- Toluca, Carretera Metepec-Tenango del Valle, Av. Tecnológico y Av. Las Torres.	En cuanto al sistema de transporte público, operan en el territorio municipal, 14 líneas de autobuses urbanos y suburbanos, y 3 de servicio foráneo. Los autobuses, y en algunos casos los taxis colectivos, constituyen las únicas opciones de transporte público en el municipio. Los tiempos de espera y/o recorrido son demasiado largos, la operación de las unidades carece de orden, el ascenso y descenso de pasaje se realiza en lugares prohibidos, paradas y paraderos no autorizados y sin la infraestructura adecuada para una operación eficiente y segura.
Lerma	Carretera México – Toluca, Carretera la Marquesa – Toluca, Carretera Cuernavaca – Tianguistenco, Carretera Ameyalco – Atarasquillo, Libramiento Nororiental de Toluca, Avenida Lerma - Cerrillo (De las partidas), Tenango-Lerma y Carretera Atarasquillo-	El servicio de transporte en el municipio se encuentra concesionado a rutas de autobuses que comparte con la ZMVT, en lo que respecta al servicio de taxis y radio taxis, se cuenta con más de 100 unidades autorizadas.
Ocoyoacac	Carretera Federal México-Toluca, Carretera La Marquesa-Tenango, Carretera del Acueducto y La Carretera Amomolulco-Ocoyoacac-Capulhuac-Santiago Tianguistenco, San Pedro Cholula-Ocoyoacac-San Jerónimo Acazulco	Sistema de transporte público que es dividido suburbano y urbano. Las rutas de autobuses pasan por la Cabecera Municipal, Ameyalco y la Zona Industrial llegando a los poblados de Amomolulco, El Cerrillo, Tultepec, Zinacantepec, San Mateo Atarasquillo, Xochicuautla y Santa María Tlalmimilolpan. También salen de esta zona autobuses foráneos con destino a la Terminal de Autobuses Poniente, El Yaqui, La Marquesa, Santa María Jajalpa y Chalma.
Xonacatlán	Carretera Toluca-Naucalpan y Villa Cuauhtémoc (Av. Del Canal) integrando el municipio de Otzolotepec y Lerma.	El transporte es cubierto por líneas de autobuses foráneos que cubren la demanda actual adecuadamente, su origen y destino de la línea de transporte es de Toluca a Naucalpan, existe otra línea de autobuses foráneos, cuyo origen y destino es de Xonacatlán a Naucalpan. Ambas líneas de autobuses, causan problemas de estancamiento vehicular, provocando contaminación atmosférica e incrementos en los tiempos de recorrido. El servicio de transporte urbano en la región se da a través de rutas pertenecientes a los municipios de Otzolotepec y Lerma.

Fuente: ILF- Ustran.

La mayor parte del territorio que conforma la ZMVT está integrada por vialidades que interconectan sus municipios; sin embargo hay zonas que carecen de carreteras troncales federales o tienen poca longitud vial por lo que sí se considera

Análisis Costo Beneficio del TITV

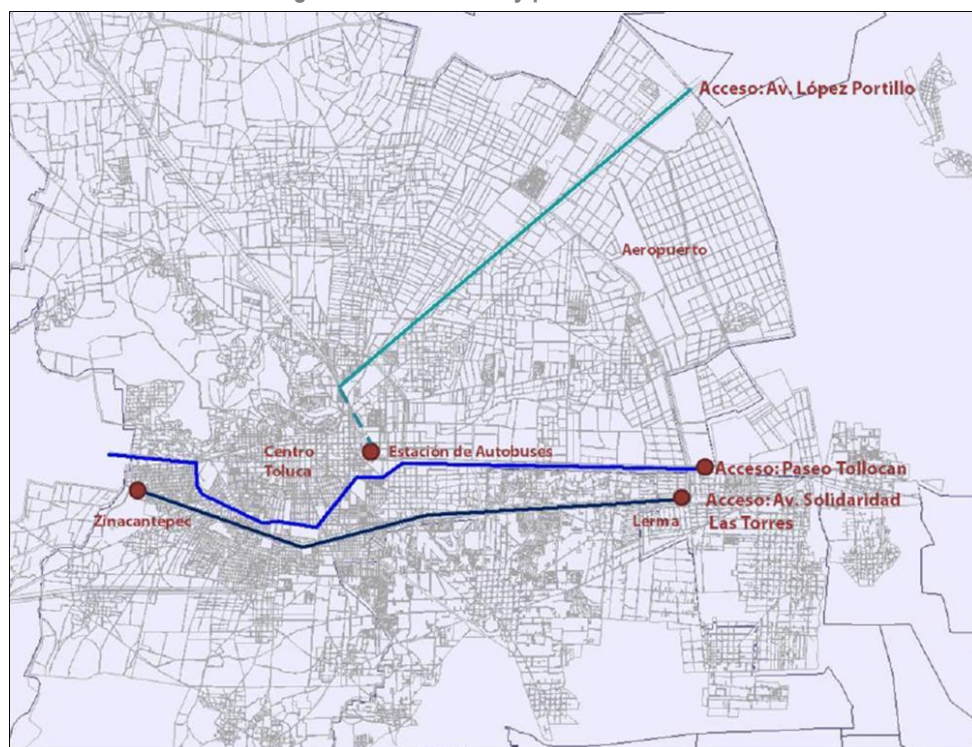
que estos caminos comunican grandes distancias puede reafirmarse que los municipios que carecen de este tipo de carreteras adolecen de una integración con el resto del país y en consecuencia su comunicación regional y nacional es deficiente.

Resulta de especial relevancia para el estudio por su función de integración territorial la Av. Paseo Toluca, que es la continuación natural de la Carretera México -Toluca y su continuidad con el occidente del país. Otro corredor importante de la ZMVT es la Av. Solidaridad - Las Torres que sirve actualmente como opción de traslado oriente – poniente.

En términos generales en todos los municipios existen vías de comunicación; sin embargo hay municipios que carecen de carreteras troncales federales o tienen poca longitud por lo que si se considera que estos caminos comunican grandes distancias puede reafirmarse que los municipios que carecen de este tipo de carreteras, adolecen de una integración con el resto del país y en consecuencia su comunicación regional y nacional es deficiente. De ellas, resultan de especial relevancia para el estudio por su función de integración territorial el Paseo Toluca, que es la continuación natural de la Carretera México - Toluca y su continuidad con el occidente del país, así como la Av. Las Torres, al sur de la anterior y que sirve actualmente como opción de traslado oriente - poniente.

Los corredores y puertas a la ZMVT se presentan en la siguiente figura.

Figura 3-4. Corredores y puertas a la ZMVT



Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Como parte de las optimizaciones la siguiente tabla muestra los cambios en el IRI en las vialidades relevantes de la zona de estudio. Es importante mencionar que las vialidades presentadas en la siguiente tabla son las más relevantes en el corredor analizado. Aquellas que presentan el mismo IRI quieren decir que no se requirieron de optimización.

Tabla 3-1. Cambio en la oferta en la situación optimizada

Entidad	Vialidad	IRI	
		Situación actual	Situación optimizada
Toluca, Estado de México	Paseo Tollocan	2.5	2.5
	Av. Solidaridad – Las Torres	3.0	3.0
	José Ma. Pino Suárez	3.2	3.0
	Isidro Favela	3.2	3.0
	Lic. Adolfo López Mateos	3.3	3.0
	Av. Tecnológico	3.2	3.0
	Av. López Portillo	3.5	3.0
	Av. Miguel Alemán	3.1	3.0
	Paseo Colon	3.5	3.0
México, D.F.	De las Torres -Acueducto	3.5	3.0
	Paseo de la Reforma	2.8	2.8
	Av. Constituyentes	3.1	3.0
	Vasco de Quiroga	3.3	3.0
	Sur 122	3.3	3.0
	Av. Primero de Mayo	3.5	3.0
	Las Torres - Naucalpan	3.4	3.0

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

3.3. Análisis de la demanda

Dadas las características de las medidas de optimización propuestas o consideradas no intervienen con la demanda, en caso de que el proyecto no se realice, la demanda atendida no cambiará y mantendrá la tendencia natural de crecimiento. Por lo tanto la demanda en la situación actual y sin proyecto es la misma. (Ver siguientes tablas).

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 3-2. Demanda total en la situación actual por segmento (usuarios)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D,F	Total
	2012	273,957	206,489	296,373	776,819
	2013	278,888	210,206	301,707	790,801
0	2014	283,908	213,989	307,138	805,036
1	2015	289,019	217,841	312,667	819,526
2	2016	294,221	221,762	318,295	834,278
3	2017	299,517	225,754	324,024	849,295
4	2018	304,908	229,817	329,856	864,582
5	2019	310,397	233,954	335,794	880,145
6	2020	315,984	238,165	341,838	895,987
7	2021	321,672	242,452	347,991	912,115
8	2022	327,462	246,816	354,255	928,533
9	2023	333,356	251,259	360,632	945,247
10	2024	339,356	255,782	367,123	962,261
11	2025	345,465	260,386	373,731	979,582
12	2026	351,683	265,073	380,458	997,214
13	2027	358,013	269,844	387,307	1,015,164
14	2028	364,458	274,701	394,278	1,033,437
15	2029	371,018	279,646	401,375	1,052,039
16	2030	377,696	284,680	408,600	1,070,976
17	2031	384,495	289,804	415,955	1,090,253
18	2032	391,416	295,020	423,442	1,109,878
19	2033	398,461	300,331	431,064	1,129,856
20	2034	405,633	305,737	438,823	1,150,193
21	2035	412,935	311,240	446,722	1,170,896
22	2036	420,368	316,842	454,763	1,191,973
23	2037	427,934	322,545	462,948	1,213,428
24	2038	435,637	328,351	471,281	1,235,270
25	2039	443,479	334,262	479,765	1,257,505
26	2040	451,461	340,278	488,400	1,280,140
27	2041	459,587	346,403	497,191	1,303,182
28	2042	467,860	352,638	506,141	1,326,639
29	2043	476,282	358,986	515,251	1,350,519
30	2044	484,855	365,448	524,526	1,374,828
31	2045	493,582	372,026	533,967	1,399,575
32	2046	502,466	378,722	543,579	1,424,768
33	2047	511,511	385,539	553,363	1,450,413

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 3-3. Demanda total de transporte público en la situación actual por segmento (usuarios)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
	2012	144,417	120,128	195,619	460,164
	2013	147,016	122,291	199,140	468,447
0	2014	149,662	124,492	202,725	476,879
1	2015	152,356	126,733	206,374	485,463
2	2016	155,099	129,014	210,088	494,201
3	2017	157,891	131,336	213,870	503,097
4	2018	160,733	133,700	217,720	512,153
5	2019	163,626	136,107	221,639	521,371
6	2020	166,571	138,557	225,628	530,756
7	2021	169,569	141,051	229,689	540,310
8	2022	172,622	143,590	233,824	550,035
9	2023	175,729	146,174	238,033	559,936
10	2024	178,892	148,806	242,317	570,015
11	2025	182,112	151,484	246,679	580,275
12	2026	185,390	154,211	251,119	590,720
13	2027	188,727	156,987	255,639	601,353
14	2028	192,124	159,812	260,241	612,177
15	2029	195,582	162,689	264,925	623,196
16	2030	199,103	165,617	269,694	634,414
17	2031	202,687	168,598	274,548	645,833
18	2032	206,335	171,633	279,490	657,458
19	2033	210,049	174,723	284,521	669,293
20	2034	213,830	177,868	289,642	681,340
21	2035	217,679	181,069	294,856	693,604
22	2036	221,597	184,328	300,163	706,089
23	2037	225,586	187,646	305,566	718,798
24	2038	229,646	191,024	311,066	731,737
25	2039	233,780	194,462	316,666	744,908
26	2040	237,988	197,963	322,366	758,316
27	2041	242,272	201,526	328,168	771,966
28	2042	246,633	205,154	334,075	785,861
29	2043	251,072	208,846	340,089	800,007
30	2044	255,591	212,606	346,210	814,407
31	2045	260,192	216,432	352,442	829,066
32	2046	264,875	220,328	358,786	843,990
33	2047	269,643	224,294	365,244	859,181

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 3-4. Demanda total de transporte privado en la situación actual por segmento (usuarios)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
	2012	129,540	86,360	100,754	316,655
	2013	131,872	87,915	102,567	322,354
0	2014	134,246	89,497	104,413	328,157
1	2015	136,662	91,108	106,293	334,064
2	2016	139,122	92,748	108,206	340,077
3	2017	141,626	94,418	110,154	346,198
4	2018	144,176	96,117	112,137	352,430
5	2019	146,771	97,847	114,155	358,773
6	2020	149,413	99,609	116,210	365,231
7	2021	152,102	101,401	118,302	371,805
8	2022	154,840	103,227	120,431	378,498
9	2023	157,627	105,085	122,599	385,311
10	2024	160,464	106,976	124,806	392,246
11	2025	163,353	108,902	127,052	399,307
12	2026	166,293	110,862	129,339	406,494
13	2027	169,286	112,858	131,667	413,811
14	2028	172,334	114,889	134,037	421,260
15	2029	175,436	116,957	136,450	428,843
16	2030	178,593	119,062	138,906	436,562
17	2031	181,808	121,205	141,406	444,420
18	2032	185,081	123,387	143,952	452,419
19	2033	188,412	125,608	146,543	460,563
20	2034	191,804	127,869	149,181	468,853
21	2035	195,256	130,171	151,866	477,292
22	2036	198,771	132,514	154,599	485,884
23	2037	202,348	134,899	157,382	494,630
24	2038	205,991	137,327	160,215	503,533
25	2039	209,699	139,799	163,099	512,597
26	2040	213,473	142,315	166,035	521,823
27	2041	217,316	144,877	169,023	531,216
28	2042	221,227	147,485	172,066	540,778
29	2043	225,209	150,140	175,163	550,512
30	2044	229,263	152,842	178,316	560,421
31	2045	233,390	155,593	181,526	570,509
32	2046	237,591	158,394	184,793	580,778
33	2047	241,868	161,245	188,119	591,232

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

3.4. Diagnóstico de la interacción oferta – demanda

Al igual que en la situación actual, los principales resultados de la interacción entre la oferta y la demanda en la situación sin proyecto, son el Tiempo de Viaje (TV) de los usuarios del transporte público y privado.

Las optimizaciones no cambian las longitudes de recorrido, únicamente modifican el TV por segmento de demanda. Las siguientes tablas muestran el cambio en el TV para el transporte público y el transporte privado.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Como se mencionó anteriormente es importante mencionar y recordar que las líneas de autobuses actuales son líneas troncales que se mueven por el eje principal de carreteras entre Toluca, Santa Fe y los CETRAMS del D.F., es decir, no penetran colonias adentro de forma desordenada como ocurre en otros casos. Esto significa que en su mayor parte la oferta de transporte público ya está optimizada y que muy poco se puede hacer para mejorarla. Estas eventuales mejoras no podrán tener un impacto significativo sobre el tiempo de viaje, habiéndose estimado que este ahorro como máximo estará en torno a 1 minuto, es decir, muy pequeño.

Por otro lado los tiempos de viaje y los correspondientes ahorros de tiempo que se han presentado en el presente estudio corresponden a tiempos de viajes medios puerta a puerta calculados con el modelo de transporte y ello implica que sean tiempos con decimales, los cuales se redondearon a minutos completos.

Tabla 3-5. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF – Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte público	Hora pico	Actual	42.00	87.00	170.00
			Sin proyecto	40.49	85.45	168.44
Cambio en TV (minutos)				1.51	1.55	1.56

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 3-6. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte público	Hora no pico	Actual	42.00	77.00	160.00
			Sin proyecto	41.49	76.52	159.54
Cambio en TV (minutos)				0.51	0.48	0.46

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 3-7. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte privado	Hora pico	Actual	25.00	42.00	90.00
			Sin proyecto	23.53	40.47	88.44
Cambio en TV (minutos)				1.47	1.53	1.56

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 3-8. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte privado	Hora no pico	Actual	25.00	39.00	87.00
			Sin proyecto	24.52	38.48	86.54
Cambio en TV (minutos)				0.48	0.52	0.46

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

La interacción para el tramo Distrito Federal – Toluca se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 3-9. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido – DF- Toluca – Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte público	Hora pico	Actual	42.00	97.00	180.00
			Sin proyecto	40.59	95.62	178.63
Cambio en TV (minutos)				1.41	1.38	1.37

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 3-10. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte público	Hora no pico	Actual	42.00	87.00	170.00
			Sin proyecto	41.39	86.44	169.46
Cambio en TV (minutos)				0.61	0.56	0.54

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 3-11. Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte privado	Hora pico	Actual	25.00	45.00	93.00
			Sin proyecto	23.61	43.58	91.57
Cambio en TV (minutos)				1.39	1.42	1.43

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 3-12. Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte privado	Hora no pico	Actual	25.00	42.00	90.00
			Sin proyecto	24.40	41.37	89.53
Cambio en TV (minutos)				0.60	0.63	0.47

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

3.5. Alternativas de solución

Si bien la ZMVM tenderá en un futuro a estabilizar su población debido fundamentalmente a un lento pero real proceso de desconcentración de su población, la magnitud de la misma será considerable y deberá solucionar problemáticas de movilidad pendientes en todo su territorio y muy en especial en el poniente de esta área, donde se ha presentado un fuerte crecimiento sin previsión alguna en cuanto a su transporte, a su vialidad y a su desarrollo urbano congruente y sostenible. Es un hecho que aumentarán los aforos vehiculares con la mejora de los ingresos y la mayor capacidad adquisitiva de sus habitantes haciendo que la infraestructura existente sea insuficiente y más que incentivar el uso del automóvil se tenderá a un mejor y más integrado sistema de transporte público.

En el caso de la ZMVT su crecimiento tanto poblacional como territorial ha sido extraordinario y por ende se deben establecer los mecanismos para el control, principalmente de su dispersión, buscando con ello la densificación al interior de Toluca de tal suerte que reduzca significativamente los costos de urbanización, mediante el aprovechamiento de infraestructuras y servicios existentes, la erradicación de asentamientos en zonas no aptas y la reversión de la fragmentación urbana. Esta expansión que ha sufrido la ZMVT ha traído en consecuencia la pérdida de zonas agrícolas fértiles, zonas forestales y de recarga de acuíferos.

A su vez, los vacíos intraurbanos y las zonas que han perdido su vocación de uso, representan un área de oportunidad para la regeneración de la vida mexiquense. De ahí que la adecuada ubicación y diversidad en la vivienda aportará beneficios de trascendencia social, ambiental, urbana y económica.

Bajo este orden de ideas, es imperativo contar con dos zonas metropolitanas, adyacentes una a la otra, con una densidad y una compactación mayor, con transporte público realmente sustentable y capaz de contar con una capacidad instalada suficiente para absorber los incrementos en demanda, no solo actuales sino futuros y que se traduzcan en menores costos de movilidad, menores externalidades y una mejor calidad de vida para sus ciudadanos.

Los transportes convencionales, a base de sistemas sin una permanencia o una identificación propia, no pueden realizar sus funciones de estructuradores de la trama urbana. Los transportes convencionales y sus derivaciones basados en carriles confinados no tienen la capacidad para crecer a los niveles de demanda que las necesidades de estas áreas metropolitanas requieren. Es importante evitar soluciones de corto plazo que se saturan y alcancen una capacidad que no es posible ampliar. Se deben buscar soluciones de mediano y largo plazo, de tal suerte que no solo se satisfagan las necesidades de hoy y se invierta en soluciones que en poco tiempo estarán rebasadas.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Hace 28 años se tuvo la oportunidad de dar un paso con miras a un futuro que ya nos alcanzó. Se planteó una solución de largo plazo (2013) y se rechazó para dar lugar a la ampliación de la autopista Toluca – México y al impulso del transporte foráneo en el corredor, como una opción al transporte de pasajeros por ferrocarril. Los fuertes desarrollos urbanos de las zonas metropolitanas en estudio han dado la razón y las demandas planteadas en ese entonces se corresponden con las encontradas en estos estudios.

Buscar alternativas que permitan reducir este impacto, y sus consecuencias de altos costos sociales y ambientales es una tarea que no puede esperar. El transporte público es entonces, uno de los mayores retos en nuestra área de estudio de tal forma que podamos trasladar a miles de personas de manera eficiente y al mismo tiempo cuidando el medio ambiente.

El reto actual es servir y conectar dos áreas urbanas, con capacidades de generar viajes internos diferentes y una fuerte interacción entre ellas, a través de una zona montañosa que requiere soluciones audaces y costosas para lograr mantener tiempos de traslado aceptables. A su vez, la solución buscada plantea densificar y contar con el elemento estructurante que dé forma, principalmente, a la zona urbana de Toluca y ofrezca una aceptable conectividad con el sistema de transporte masivo de la Ciudad de México.

Las soluciones ya aplicadas en el caso de la ZMVM como el tren ligero, el metro y tren suburbano son excelentes opciones para resolver el problema de la movilidad, son factibles, pese a los grandes volúmenes de inversión que se requiere para desarrollarlos. Es el momento de extender este radio de influencia a la zona metropolitana más cercana y que requiere de una estructuración urbana inmediata, donde el transporte férreo juega un papel de vital importancia, buscando lograr el traslado de un gran número de usuarios de una manera eficiente, segura y con tiempos de recorrido comparables e incluso mejores que el automóvil.

La problemática analizada, deja de manifiesto que las características orográficas, de distancia, la demanda existente, la velocidad requerida para conectar ambas ciudades hacen pertinente un sistema de alta capacidad, rápido, cómodo, eficiente y ambientalmente sustentable. Naturalmente, la solución proviene de las políticas de transporte público que se adopten, donde la solución que se considere debe ser capaz de sustituir al automóvil como medio de transporte, por lo que la comodidad, el precio devengado a través de la tarifa y velocidad son fundamentales. A su vez, deben permitir liberar espacio en las vialidades y carreteras existentes, por lo que debe ser un medio de transporte alternativo. Debe ser transporte de alta capacidad, para poder atender el tamaño de la demanda, y escalable para adaptarse a la evolución y crecimiento de las ciudades, bajo una orientación de solución a mediano y largo plazo.

Las alternativas de transporte público, disponibles, por el tamaño, son tren de cercanías, tren regional, tren ligero. Sin embargo, la distancia, la velocidad requerida y las condiciones de comodidad para un viaje relativamente largo, eliminan opciones tecnológicas, mismas que se orientan a la integración de un servicio ferroviario de tipo interurbano.

Alternativas consideradas

A fin de buscar la mejor alternativa de solución, se analizaron y descartaron diferentes medios de transporte debido a que sus velocidades de operación no son suficientes para generar beneficios en cuanto a ahorros en tiempo de viaje. Esto se debe a que la alternativa de solución que se requiere, debe estar basada más como un proyecto de comunicación regional ya requiere de mayores velocidades de operación debido a las características del corredor o zona analizada, que es de aproximadamente 60 km.

Análisis Costo Beneficio del TITV

El primer análisis de opciones de sistemas de transporte masivo se presenta en la siguiente tabla.

Figura 3-5 Opciones analizadas de transporte masivo

MODO	CAPACIDAD TÍPICA <i>Pax-hora-direc</i>	VELOCIDAD TÍPICA <i>Km-h</i>	INTERVALO MÍNIMO <i>Minutos</i>	Observaciones
Bus no articulado	3800 / 4500	8 – 12	0.6 – 1	Con paradas establecidas;
Bus articulado sin carril exclusivo	5400 / 7200	7 – 11	1 – 1.2	Con múltiples puertas y sin pago del pasaje a bordo
BRT – Bus articulado en carril confinado	9000 / 40000	16 – 20	0.2 – 0.5	Han llegado a 45,000 pax/h/D. Depende de l número de carriles y de las rutas expresas
Tranvía	13000 / 26000	8 – 14	1	En tráfico mixto, con múltiples paradas. Los coches articulados aumentan su capacidad
Tren ligero	17000 / 23000	18 – 30	1.3 – 2.5	Parcialmente segregado, con múltiples paradas
Metros tradicionales	40000 / 55000	22 – 36	1.5	Depende de la longitud de los trenes y el ancho de los coches. Bruselas, Munich.
Metros modernos	70000 +	24 – 40	1.5	Construidos recientemente con alta capacidad, como Hong Kong, Tokio, San Pablo
Trenes suburbanos diesel	30000 / 36000	30 – 40	3.5 – 4	Trenes largos, baja aceleración y desaceleración
Trenes suburbanos eléctricos	40000 / 60000	35 – 55	2 – 3	Pueden tener velocidades mucho mayores, de acuerdo con el espaciamiento entre estaciones

Fuente: PROTRAM.

Una primera mirada a las opciones tecnológicas hacían difícil la consideración de tecnologías basadas en autobuses que no pudieran captar secciones de máxima demanda superiores a los 10 mil pasajeros por hora con la condicionante de hacer uso del menor derecho de vía posible. El requerimiento de un alineamiento separado del resto del flujo vehicular que permitiera asegurar velocidades comerciales del orden de los 88 km/h y constantes en interestaciones superiores a los 5 km se veía como otra gran limitante para el uso de soluciones con vehículos de rodada neumática. Analizando las capacidades de los sistemas anteriores, velocidades de operación e intervalos y comparándolo con las necesidades de la zona analizada, se pudo conocer que ninguno de estos sistemas generaría beneficios suficientes en ahorros de tiempo de viaje.

Con base a lo anterior se tuvo que analizar soluciones de tipo férreo bajo tres esquemas iniciales:

- Interurbano
- Regional
- Suburbano

Este servicio ferroviario debe permitir intervalos cortos y contar con pocas estaciones para atender de manera oportuna las demandas urbanas, sin restar mérito al servicio interurbano. Debe ofrecer conectividad con otros modos de transporte, a partir de puntos de intercambio modal pero a su vez, no debe depender totalmente su demanda de

Análisis Costo Beneficio del TITV

alimentación por otros modos de transporte, principalmente los autobuses. El sistema en cuestión debe ser capaz de movilizar demandas diarias superiores a los 200 mil vpd y dar servicio a volúmenes de pasajeros superiores a los 10 mil usuarios en la sección de máxima demanda con velocidades, puerta a puerta, similares o mayores a las logradas por el automóvil, su principal competidor. La capacidad de adecuarse a los crecimientos de demanda esperada debe sopesarse ya que se espera que la demanda sobre el corredor Toluca - México se incremente, al menos al doble en los próximos 30 años.

Como punto de partida para la definición de alternativas, se consideraron inicialmente dos puntos de inicio del viaje en la Zona Metropolitana de Toluca (Zinacantepec y Estación de Ferrocarril) con tres posibilidades de trayecto, mientras que en la Zona Metropolitana del Valle de México las opciones de destino se ubicaban en Tlittlán, Tlalnepantla, Cuatro Caminos, Buena Vista, Observatorio y Mixcoac. En el caso de Toluca, se buscaba por una parte, una opción que permitiera cubrir el corredor oriente-poniente de la ciudad y por la otra analizar la viabilidad de hacer uso de la actual estación de ferrocarriles así como valorar la posibilidad de densificar el desarrollo urbano en la zona de influencia de las posibles estaciones o bien conectar con el Aeropuerto de Toluca. En el caso de la parte poniente de la ZMVM, se buscaba barrer todas las opciones de conexión con la red de transporte masivo, tanto del STC Metro como del Ferrocarril Suburbano.

Así, el punto inicial fue detectar los trayectos más importantes a servir en cada una de las dos áreas metropolitanas y definir los puntos de integración de ambos trazos (Toluca y Valle de México). Con base en ello se analizaron 22 variantes de trazo y se consideraron 66 variantes en el servicio ya fuera este un servicio interurbano, (caso de Tlittlán, Tlalnepantla o Buena Vista), servicio regional entre ambas metrópolis o servicio suburbano entre estas dos áreas urbanas.

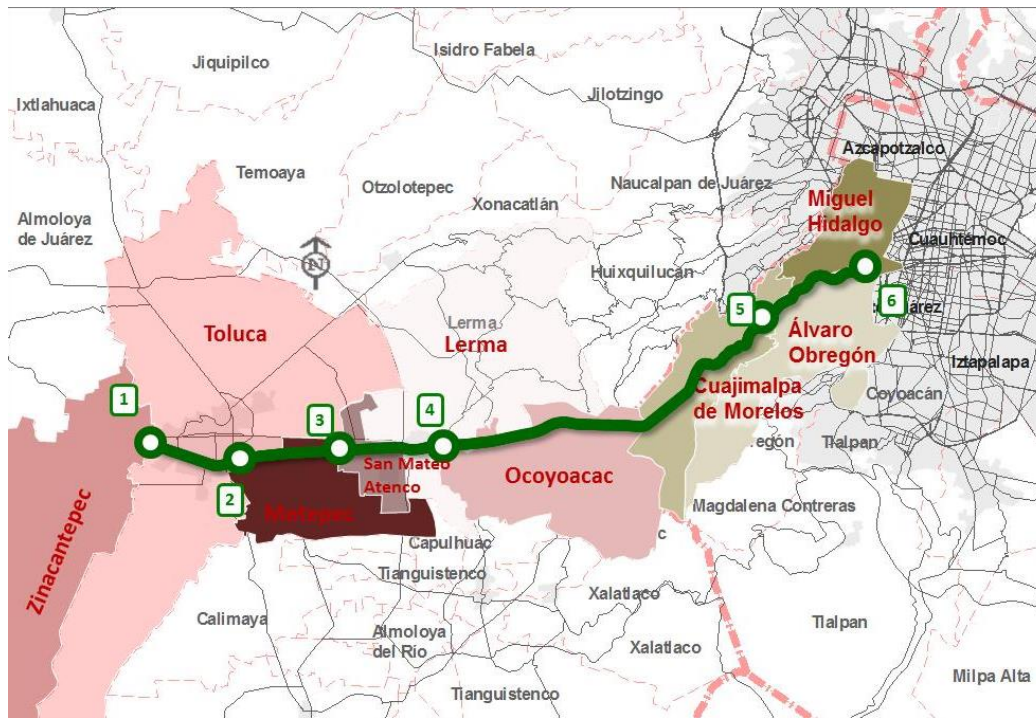
Las 22 alternativas analizadas no se presentan en esta versión pública

Una vez que se determinó que la mejor alternativa es la comunicación Zinacantepec – Observatorio, se establecieron las estaciones intermedias y finales. Sin embargo se tuvo que realizar otro análisis en el cual se compara dos alternativas con un trazo muy similar (57.7 km de longitud) en las cuales la diferencia entre las dos alternativas corresponde a la diferencia en la pendiente máxima:

- Pendiente de máxima de **INFORMACIÓN RESERVADA XX %** para la alternativa 1;
- Pendiente máxima de **INFORMACIÓN RESERVADA XX %** para la alternativa 2.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 3-6. Trazo elegido



Fuente: SENER.

Estas dos alternativas se compararan por medio de su Valor Actual de Costos (VAC) a fin de determinar cuál de ellas es la más conveniente desde el punto de vista técnico y económico.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Alternativa 1 – Trazo con pendiente máxima de INFORMACIÓN RESERVADA XX %

El monto total de inversión de la alternativa 1 es de 33,471.83 millones de pesos de 2013 sin incluir IVA.

Alternativa 2 – Trazo con pendiente máxima de INFORMACIÓN RESERVADA XX %

El monto total de inversión de la alternativa 2 es de 47,513.10 millones de pesos de 2013 sin incluir IVA.

Debido a que las alternativas tienen la misma vida útil se calculó el VAC a fin de comparar y conocer cuál de las dos alternativas analizadas representa un menor uso de recursos. La elección de esta alternativa representa la mejor opción en términos técnicos y económicos. Esto se debe a que el costo de la infraestructura de la alternativa 2 incrementa el VAC de manera considerable en comparación con el VAC de la alternativa 1 (Ver Tabla 3-13).

Tabla 3-13. VAC de las alternativas analizadas (mdp de 2013)

VAC	Monto (mdp)
Alternativa 1:	33,696.52
Alternativa 2:	45,292.36

Fuente: SENER.

4. Situación con el proyecto

4.1. Descripción general

El proyecto “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca-Valle de México” consiste en la implementación y construcción de la infraestructura necesaria para el funcionamiento de un corredor regional entre la ZMVT y el Distrito Federal. Con base a los lineamientos emitidos por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UI-SHCP) publicados el 27 de abril de 2012, el presente proyecto se considera de infraestructura económica.

El proyecto tiene como objetivo principal atender la problemática de transporte que se presenta en el corredor que abarca la ZMVT y el tramo interurbano que conecta la Ciudad de Toluca con la Ciudad de México y, pasa por la zona de Santa Fe y Observatorio, justo en la entrada de la Ciudad de México.

La solución propuesta, consiste en un servicio de transporte masivo de tipo ferroviario regional que constituye una alternativa de transporte de pasajeros segura, rápida, cómoda, accesible en precio y ecológicamente sustentable. El proyecto contará con una longitud total de 57.7 km, 6 estaciones y un taller. Su velocidad máxima será de 160 km/h y la velocidad comercial de 90 km/h. De las 6 estaciones, 2 son terminales (Zinacantepec y Observatorio) y 4 intermedias (Cristóbal Colón, Metepec, Lerma y Santa Fe). La longitud de las estaciones será de 200 metros (m).

1. Estación terminal - Zinacantepec;
2. Estación intermedia – Cristóbal Colón;
3. Estación intermedia - Metepec;
4. Estación intermedia - Lerma;
5. Estación intermedia - Santa Fe; y
6. Estación terminal - Observatorio.

4.1.1. Velocidad máxima, comercial, tiempos de recorrido, intervalo

La velocidad máxima posible será de 160 km/h, la velocidad comercial entre estaciones terminales será de 90 km/h. El tiempo comercial de recorrido de un tren entre las estaciones terminales será inferior a 39 minutos, la vuelta completa será inferior a 90 minutos. El intervalo considerado en los primeros años será de aproximadamente 4 - 6 minutos pudiéndose prever un ajuste del intervalo como respuesta al comportamiento que se vaya registrando de la demanda. Se prevé que al inicio de la operación del proyecto existan 20 convoyes en operación en la hora punta.

Se considera que a partir del año 2022 se habrá alcanzando la máxima capacidad con el material rodante adquirido en el inicio de la operación, por lo que debe disponerse de 2 nuevos trenes en operación en la hora punta.

Del mismo modo, para el año 2025 se prevé la incorporación de otros 3 trenes adicionales con el fin satisfacer la demanda prevista para ese año y 6 para el 2036.

4.2. Alineación estratégica

4.2.1. Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018

El proyecto denominado “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca-Valle de México” se encuentra alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2017 en los siguientes apartados:

- IV.2. Plan de acción: eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país: Incrementar y democratizar la productividad también involucra contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica y que genere una logística más dinámica. Esto se traduce en líneas de acción tendientes a ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos del transporte, mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia, promover un mayor uso del transporte público en sistemas integrados de movilidad, así como garantizar más seguridad y menor accidentalidad en las vías de comunicación. Asimismo, se buscará propiciar una amplia participación del sector privado en el desarrollo de proyectos de infraestructura a través de asociaciones público-privadas.
- Objetivo 2.5. Proveer un entorno adecuado para el desarrollo de una vida digna, Estrategia 2.5.1. Transitar hacia un Modelo de Desarrollo Urbano Sustentable e Inteligente que procure vivienda digna para los mexicanos, Línea de acción *“Fomentar una movilidad urbana sustentable con apoyo de proyectos de transporte público y masivo, y que promueva el uso de transporte no motorizado”*.
- Objetivo 4.9. Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica, Estrategia 4.9.1. Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad, Línea de acción, Transporte urbano, *“Mejorar la movilidad de las ciudades mediante sistemas de transporte urbano masivo”*.

4.2.2. Plan de Desarrollo del Estado de México 2011 - 2017

Pilar 2 Estado Progresista, Objetivos y estrategias, Objetivo 1, Promover una economía que genere condiciones de competitividad, Estrategia 1.2. Fortalecer el transporte público para facilitar la movilidad de los mexicanos:

- Promover, en coordinación con otros niveles de gobierno y entidades federativas, el desarrollo de transporte público masivo entre los valles de Toluca y de México.
- Promover, en coordinación con los gobiernos Federal, del DF y los municipales, el desarrollo de sistemas de transporte masivo.
- Fortalecer el transporte público como la principal solución del problema de congestionamiento de las principales vías de comunicación de la ZMVM, en colaboración con los gobiernos municipales.
- Incrementar y conservar la infraestructura de transporte masivo, con mecanismos de financiamiento que incluyan la participación privada y de los concesionarios.
- Avanzar hacia la consolidación de un sistema de transporte integrado en las ciudades de la entidad.

4.3. Localización geográfica

El proyecto se ubicará en los límites de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). El trazo de la línea férrea atravesará por los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac. Así como por las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo (Ver Figura 4-1 y Figura 4-2).

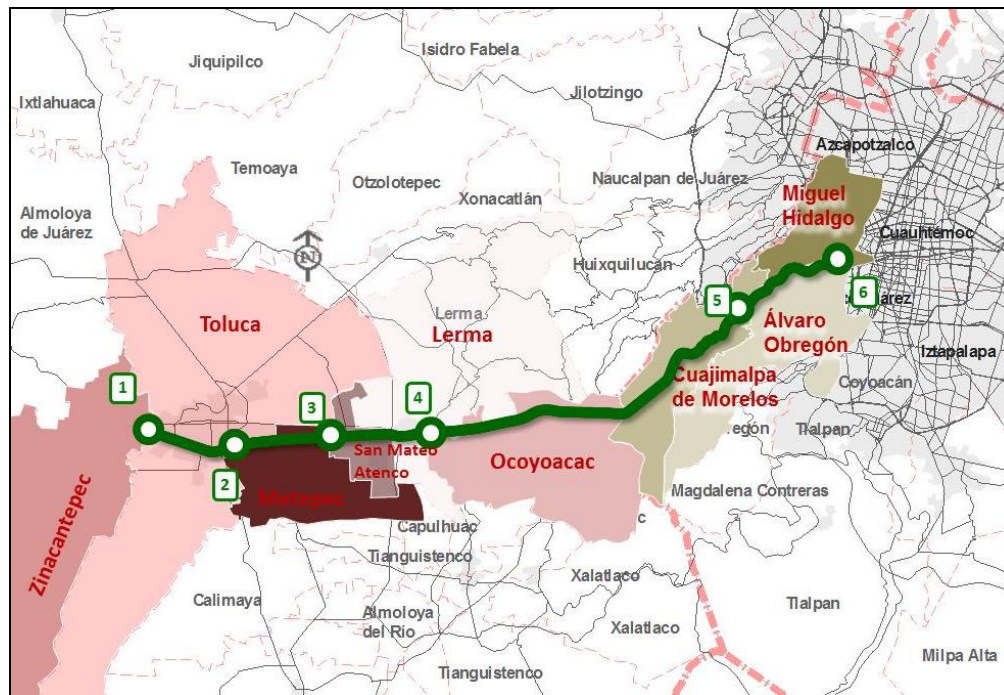
Figura 4-1. Macrolocalización del proyecto



Fuente: SENER.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Figura 4-2. Microlocalización del proyecto



Fuente: SENER.

4.4. Calendario de actividades

El calendario de actividades no se presenta en esta versión pública.

4.5. Monto total de inversión

El avance de los estudios técnicos de anteproyecto ha permitido calcular los montos de inversión a un nivel de Pre – factibilidad, el costo total del proyecto es de 33,471.83 millones de pesos de 2013 (mdp de 2013) sin incluir IVA.

4.6. Financiamiento

Para la financiación del proyecto se contempla la participación de recursos públicos y privados. El consultor propone que los recursos públicos cubran una parte del monto de inversión para la construcción de la infraestructura del proyecto, mientras que los recursos privados cubran el monto requerido para adquisición de la flota y otras instalaciones y rubros. El siguiente esquema de financiamiento propuesto deberá ser analizado por las autoridades correspondientes, a fin de determinar la conveniencia del mismo **(No se presenta el esquema de financiamiento en esta versión pública).**

4.7. Capacidad instalada

La velocidad máxima posible será de 160 km/h, la velocidad comercial entre estaciones terminales será de 90 km/h. El tiempo comercial de recorrido de un tren entre las estaciones terminales será de aproximadamente 39 minutos, la vuelta completa será inferior a 90 minutos. La capacidad máxima del tren en hora de máxima demanda será 15,660 pasajeros en una frecuencia de 4-6 minutos y una capacidad por tren de 1,044 pasajeros (560 sentados y 484 de pie).

4.8. Metas anuales y totales de producción

El proyecto atenderá a un total de 20,373 pasajeros en hora de máxima demanda, y permitirá reducir los tiempos de viaje de manera considerable. La demanda diaria que se atenderá con el proyecto se presenta en la Tabla 4-1.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-1. Metas anuales de atención (pasajeros atendidos por día)

H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D,F	Total
	2012	9,062	80,439	184,349	273,850
	2013	9,225	81,887	187,668	278,780
0	2014	9,391	83,361	191,046	283,798
1	2015	9,560	84,861	194,485	288,906
2	2016	9,732	86,389	197,985	294,106
3	2017	9,907	87,944	201,549	299,400
4	2018	10,086	89,527	205,177	304,790
5	2019	10,267	91,138	208,870	310,276
6	2020	10,452	92,779	212,630	315,861
7	2021	10,640	94,449	216,457	321,546
8	2022	10,832	96,149	220,353	327,334
9	2023	11,027	97,880	224,320	333,226
10	2024	11,225	99,641	228,357	339,224
11	2025	11,427	101,435	232,468	345,330
12	2026	11,633	103,261	236,652	351,546
13	2027	11,842	105,119	240,912	357,874
14	2028	12,056	107,012	245,248	364,316
15	2029	12,273	108,938	249,663	370,873
16	2030	12,494	110,899	254,157	377,549
17	2031	12,718	112,895	258,732	384,345
18	2032	12,947	114,927	263,389	391,263
19	2033	13,180	116,996	268,130	398,306
20	2034	13,418	119,102	272,956	405,475
21	2035	13,659	121,245	277,869	412,774
22	2036	13,905	123,428	282,871	420,204
23	2037	14,155	125,650	287,963	427,768
24	2038	14,410	127,911	293,146	435,467
25	2039	14,669	130,214	298,423	443,306
26	2040	14,934	132,558	303,794	451,285
27	2041	15,202	134,944	309,263	459,408
28	2042	15,476	137,373	314,829	467,678
29	2043	15,755	139,845	320,496	476,096
30	2044	16,038	142,362	326,265	484,666
31	2045	16,327	144,925	332,138	493,390
32	2046	16,621	147,534	338,116	502,271
33	2047	16,920	150,189	344,203	511,312

Fuente: Elaboración propia SENER con base a estudio de demanda de USTRAN-ILF.

4.9. Vida útil

El periodo de evaluación del proyecto considera 4 años de construcción (2014 - 2018) y 30 años de operación (inicia operaciones en 2018); sin embargo, la vida útil del proyecto puede prolongarse por varios años más en función de la aplicación del mantenimiento adecuado a la infraestructura y el material rodante.

4.10. Descripción de los aspectos más relevantes

4.10.1. Estudios técnicos

Para la realización del proyecto geométrico conceptual de la línea del tren Toluca – Valle de México, se consideró lo siguiente:

Se tomó como apoyo la planimetría que se obtuvo por medios indirectos mediante orto-fotos digitales, cartas topográficas y la restitución topográfica con equidistancia de 10m proporcionada por el INEGI y la toponimia y la actualización de las ortofotos tomando como base Google Maps.

Derivado de lo antes mencionado, se obtuvo una topografía suficiente para realizar la propuesta geométrica en planta y perfil. Es importante destacar que para realizar el proyecto geométrico de trazo, perfil, secciones constructivas, drenaje y paradas, se deberá de realizar un levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico directo con detalle de precisión mínimo de 1:1000, debidamente referenciada para el control del proyecto y durante la ejecución de la obra.

Actualmente los estudios técnicos que se han realizado son:

- Ingeniería de campo: incluye estudios topográficos e hidrológicos (100 % de avance).
- Solución tecnológica: análisis necesario para seleccionar la alternativa correcta del material móvil que se requiere en base a la operación y condiciones del terreno (100 % de avance).
- Diseño geométrico: estudio correspondiente al perfil y planta del trazo, en el cual se estudian las curvas verticales y horizontales, así como las tangentes y líneas rectas que componen el trazo (100 % de avance).
- Arquitectura general: esta actividad se refiere a la normativa arquitectónica correspondiente adoptada y necesaria para el diseño del sistema ferroviario (100 % de avance).
- Arquitectura de estaciones: actividad en la cual se diseñan las estaciones y terminales del tren mediante un adecuado diseño de espacios que deberán ser funcionales y seguros (100 % de avance).
- Diseño urbanístico: la actividad se refiere a la recopilación, estudio y análisis de las normativas y planes de crecimiento urbano de los diferentes municipios por los que atraviesa el proyecto (100 % de avance).
- Pre diseño estructural para viaductos y estaciones elevadas: la actividad involucra estudios de pre dimensionamiento estructural, determinación del tipo de materiales, disposición de pilas y tipo de cimentación, así como el proceso constructivo de los viaductos y estaciones elevadas y tipo de vía a utilizar (100 % de avance).

4.10.2. Estudios legales

Una vez tomada la decisión política de implementar el proyecto, le corresponde al ente gubernamental regulador del servicio crear los mecanismos institucionales para garantizar la completa ejecución del plan. Inicialmente es necesaria la integración institucional para materializar a través de negociaciones y documentos jurídicos y legales, acuerdos específicos tales como leyes, decretos, reglamentos, actos administrativos y convenios.

Análisis Costo Beneficio del TITV

4.10.3. Estudios ambientales

Se ha realizado un estudio puntual sobre el trazo de proyecto y sus afectaciones al medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro, en este estudio se puso un gran énfasis en el cuidado de áreas protegidas (arqueológicas, mantos acuíferos y cuidado flora y fauna). Para ello se establecieron reuniones con las autoridades correspondientes con las cuales se establecieron zonas para la posible realización del proyecto y zonas en las cuales no se podría considerar el trazo del mismo (100 % de avance).

4.10.4. Estudios de mercado

Se cuenta con un estudio de demanda.

4.10.5. Estudios específicos

Se han considerado todos los estudios que requiere el proyecto.

4.11. Análisis de la oferta

La oferta en la situación con proyecto estará conformada por la misma oferta que se identificó en la situación actual, más la alternativa que tendrán los usuarios con la construcción del tren. El tren tiene una capacidad de 1,044 pasajeros por tren, 560 pasajeros sentados y 484 parados.

La velocidad máxima posible será de 160 km/h, la velocidad comercial entre estaciones terminales será de 90 km/h. El tiempo comercial de recorrido de un tren entre las estaciones terminales será inferior a 39 minutos, la vuelta completa será inferior a 90 minutos. El intervalo considerado en los primeros años será de aproximadamente 4 - 6 minutos pudiéndose prever un ajuste del intervalo como respuesta al comportamiento que se vaya registrando de la demanda. Se prevé que al inicio de la operación del proyecto existan 20 convoyes en operación en la hora punta.

Se considera que a partir del año 2022 se habrá alcanzando la máxima capacidad con el material rodante adquirido en el inicio de la operación, por lo que debe disponerse de 2 nuevos trenes en operación en la hora punta.

Del mismo modo, para el año 2025 se prevé la incorporación de otros 3 trenes adicionales con el fin satisfacer la demanda prevista para ese año y, 6 trenes para el 2036.

4.12. Análisis de la demanda

La demanda en la situación con proyecto se obtuvo introduciendo en el modelo de transporte VISUM de la situación actual y sin proyecto, el nuevo modo de transporte masivo "Tren Toluca – Valle de México". El resultado del modelo es la captura de usuarios de la situación sin proyecto en el corredor. La demanda en la situación con proyecto será la misma que la demanda en situación sin proyecto ya que no se considera en el estudio de demanda la eventual generación de nuevos viajes. Lo que sí ocurre en situación con proyecto es que la demanda se distribuirá entre las líneas actuales de transporte público y la nueva línea de tren.

Análisis Costo Beneficio del TITV

A partir del modelo se estima la captura de usuarios de la situación sin proyecto en el corredor, esto quiere decir que de 600,000 viajes que se realizan en los diferentes medios de transporte, una parte dejará de usar esos medios para trasladarse por tren. Considerando la demanda base de 2012 (273,850 pasajeros), la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 1.8% y, que el proyecto requiere de 4 años de construcción (2014-2017), la demanda al inicio de operaciones en 2018 será de 304,789 pasajeros.

El tren Toluca – México atenderá a diversos segmentos de mercado a lo largo de su recorrido, en concreto atenderá tanto a la demanda regional entre Toluca y el Distrito Federal como a la demanda al interior de la Zona Metropolitana de Toluca y los desplazamientos entre Santa Fe y Observatorio.

La demanda diaria capturada por el tren en base a los 3 segmentos analizados, se presenta en la siguiente tabla de manera quinquenal a lo largo del horizonte de evaluación.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-2. Demanda total diaria por segmento de demanda con proyecto

DEMANDA TOTAL CAPTADA EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO						TRANSPORTE PÚBLICO 92%						TRANSPORTE PRIVADO 8%					
H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total	H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total	H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
	2012	9,062	80,439	184,349	273,850		2012	8,380	74,385	170,474	253,239		2012	682	6,054	13,876	20,612
	2013	9,225	81,887	187,668	278,780		2013	8,531	75,724	173,542	257,797		2013	694	6,163	14,125	20,983
0	2014	9,391	83,361	191,046	283,798	0	2014	8,684	77,087	176,666	262,437	0	2014	707	6,274	14,380	21,361
1	2015	9,560	84,861	194,485	288,906	1	2015	8,841	78,474	179,846	267,161	1	2015	720	6,387	14,639	21,745
2	2016	9,732	86,389	197,985	294,106	2	2016	9,000	79,887	183,083	271,970	2	2016	732	6,502	14,902	22,136
3	2017	9,907	87,944	201,549	299,400	3	2017	9,162	81,325	186,379	276,865	3	2017	746	6,619	15,170	22,535
4	2018	10,086	89,527	205,177	304,790	4	2018	9,327	82,789	189,734	281,849	4	2018	759	6,738	15,443	22,941
5	2019	10,267	91,138	208,870	310,276	5	2019	9,495	84,279	193,149	286,922	5	2019	773	6,859	15,721	23,353
6	2020	10,452	92,779	212,630	315,861	6	2020	9,666	85,796	196,625	292,087	6	2020	787	6,983	16,004	23,774
7	2021	10,640	94,449	216,457	321,546	7	2021	9,839	87,340	200,165	297,344	7	2021	801	7,109	16,292	24,202
8	2022	10,832	96,149	220,353	327,334	8	2022	10,017	88,912	203,768	302,697	8	2022	815	7,236	16,586	24,637
9	2023	11,027	97,880	224,320	333,226	9	2023	10,197	90,513	207,435	308,145	9	2023	830	7,367	16,884	25,081
10	2024	11,225	99,641	228,357	339,224	10	2024	10,380	92,142	211,169	313,692	10	2024	845	7,499	17,188	25,532
11	2025	11,427	101,435	232,468	345,330	11	2025	10,567	93,801	214,970	319,338	11	2025	860	7,634	17,497	25,992
12	2026	11,633	103,261	236,652	351,546	12	2026	10,758	95,489	218,840	325,086	12	2026	876	7,772	17,812	26,460
13	2027	11,842	105,119	240,912	357,874	13	2027	10,951	97,208	222,779	330,938	13	2027	891	7,912	18,133	26,936
14	2028	12,056	107,012	245,248	364,316	14	2028	11,148	98,958	226,789	336,895	14	2028	907	8,054	18,459	27,421
15	2029	12,273	108,938	249,663	370,873	15	2029	11,349	100,739	230,871	342,959	15	2029	924	8,199	18,792	27,914
16	2030	12,494	110,899	254,157	377,549	16	2030	11,553	102,552	235,027	349,132	16	2030	940	8,347	19,130	28,417
17	2031	12,718	112,895	258,732	384,345	17	2031	11,761	104,398	239,257	355,417	17	2031	957	8,497	19,474	28,928
18	2032	12,947	114,927	263,389	391,263	18	2032	11,973	106,277	243,564	361,814	18	2032	974	8,650	19,825	29,449
19	2033	13,180	116,996	268,130	398,306	19	2033	12,188	108,190	247,948	368,327	19	2033	992	8,805	20,182	29,979
20	2034	13,418	119,102	272,956	405,475	20	2034	12,408	110,138	252,411	374,957	20	2034	1,010	8,964	20,545	30,519
21	2035	13,659	121,245	277,869	412,774	21	2035	12,631	112,120	256,955	381,706	21	2035	1,028	9,125	20,915	31,068
22	2036	13,905	123,428	282,871	420,204	22	2036	12,858	114,138	261,580	388,577	22	2036	1,047	9,290	21,291	31,627
23	2037	14,155	125,650	287,963	427,768	23	2037	13,090	116,193	266,288	395,571	23	2037	1,065	9,457	21,675	32,197
24	2038	14,410	127,911	293,146	435,467	24	2038	13,326	118,284	271,081	402,691	24	2038	1,085	9,627	22,065	32,776
25	2039	14,669	130,214	298,423	443,306	25	2039	13,565	120,413	275,961	409,940	25	2039	1,104	9,800	22,462	33,366
26	2040	14,934	132,558	303,794	451,285	26	2040	13,810	122,581	280,928	417,319	26	2040	1,124	9,977	22,866	33,967
27	2041	15,202	134,944	309,263	459,408	27	2041	14,058	124,787	285,985	424,830	27	2041	1,144	10,156	23,278	34,578
28	2042	15,476	137,373	314,829	467,678	28	2042	14,311	127,033	291,133	432,477	28	2042	1,165	10,339	23,697	35,201
29	2043	15,755	139,845	320,496	476,096	29	2043	14,569	129,320	296,373	440,262	29	2043	1,186	10,525	24,123	35,834
30	2044	16,038	142,362	326,265	484,666	30	2044	14,831	131,648	301,708	448,187	30	2044	1,207	10,715	24,557	36,479
31	2045	16,327	144,925	332,138	493,390	31	2045	15,098	134,017	307,138	456,254	31	2045	1,229	10,908	25,000	37,136
32	2046	16,621	147,534	338,116	502,271	32	2046	15,370	136,430	312,667	464,466	32	2046	1,251	11,104	25,450	37,804
33	2047	16,920	150,189	344,203	511,312	33	2047	15,646	138,886	318,295	472,827	33	2047	1,273	11,304	25,908	38,485

Fuente: Elaboración propia SENER con base a estudio de demanda de USTRAN-ILF.

Así mismo se presenta el desglose de las demandas por tipo, sentido y periodo en las siguientes tablas.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-3. Demanda total diaria captada de transporte público por segmento de demanda

DEMANDA TOTAL CAPTADA DE TRANSPORTE PÚBLICO SITUACIÓN CON PROYECTO						Sentido Toluca - DF 55%					Sentido DF - Toluca 45%						
H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total	H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total	H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
0	2012	8,380	74,385	170,474	253,239		2012	4,738	40,215	93,095	138,047		2012	3,642	34,170	77,379	115,192
	2013	8,531	75,724	173,542	257,797		2013	4,823	40,938	94,771	140,532		2013	3,708	34,785	78,772	117,265
	2014	8,684	77,087	176,666	262,437	0	2014	4,910	41,675	96,476	143,061	0	2014	3,775	35,411	80,190	119,376
	2015	8,841	78,474	179,846	267,161	1	2015	4,998	42,426	98,213	145,637	1	2015	3,843	36,049	81,633	121,525
2	2016	9,000	79,887	183,083	271,970	2	2016	5,088	43,189	99,981	148,258	2	2016	3,912	36,698	83,102	123,712
3	2017	9,162	81,325	186,379	276,865	3	2017	5,180	43,967	101,781	150,927	3	2017	3,982	37,358	84,598	125,939
4	2018	9,327	82,789	189,734	281,849	4	2018	5,273	44,758	103,613	153,643	4	2018	4,054	38,031	86,121	128,206
5	2019	9,495	84,279	193,149	286,922	5	2019	5,368	45,564	105,478	156,409	5	2019	4,127	38,715	87,671	130,513
6	2020	9,666	85,796	196,625	292,087	6	2020	5,464	46,384	107,376	159,224	6	2020	4,201	39,412	89,249	132,863
7	2021	9,839	87,340	200,165	297,344	7	2021	5,563	47,219	109,309	162,090	7	2021	4,277	40,122	90,856	135,254
8	2022	10,017	88,912	203,768	302,697	8	2022	5,663	48,069	111,277	165,008	8	2022	4,354	40,844	92,491	137,689
9	2023	10,197	90,513	207,435	308,145	9	2023	5,765	48,934	113,279	167,978	9	2023	4,432	41,579	94,156	140,167
10	2024	10,380	92,142	211,169	313,692	10	2024	5,869	49,815	115,319	171,002	10	2024	4,512	42,327	95,851	142,690
11	2025	10,567	93,801	214,970	319,338	11	2025	5,974	50,711	117,394	174,080	11	2025	4,593	43,089	97,576	145,259
12	2026	10,758	95,489	218,840	325,086	12	2026	6,082	51,624	119,507	177,213	12	2026	4,676	43,865	99,333	147,873
13	2027	10,951	97,208	222,779	330,938	13	2027	6,191	52,553	121,658	180,403	13	2027	4,760	44,654	101,121	150,535
14	2028	11,148	98,958	226,789	336,895	14	2028	6,303	53,499	123,848	183,650	14	2028	4,846	45,458	102,941	153,245
15	2029	11,349	100,739	230,871	342,959	15	2029	6,416	54,462	126,078	186,956	15	2029	4,933	46,276	104,794	156,003
16	2030	11,553	102,552	235,027	349,132	16	2030	6,532	55,443	128,347	190,321	16	2030	5,022	47,109	106,680	158,811
17	2031	11,761	104,398	239,257	355,417	17	2031	6,649	56,441	130,657	193,747	17	2031	5,112	47,957	108,600	161,670
18	2032	11,973	106,277	243,564	361,814	18	2032	6,769	57,457	133,009	197,234	18	2032	5,204	48,821	110,555	164,580
19	2033	12,188	108,190	247,948	368,327	19	2033	6,891	58,491	135,403	200,785	19	2033	5,298	49,699	112,545	167,542
20	2034	12,408	110,138	252,411	374,957	20	2034	7,015	59,544	137,840	204,399	20	2034	5,393	50,594	114,571	170,558
21	2035	12,631	112,120	256,955	381,706	21	2035	7,141	60,615	140,322	208,078	21	2035	5,490	51,505	116,633	173,628
22	2036	12,858	114,138	261,580	388,577	22	2036	7,269	61,706	142,847	211,823	22	2036	5,589	52,432	118,732	176,753
23	2037	13,090	116,193	266,288	395,571	23	2037	7,400	62,817	145,419	215,636	23	2037	5,690	53,376	120,870	179,935
24	2038	13,326	118,284	271,081	402,691	24	2038	7,534	63,948	148,036	219,518	24	2038	5,792	54,336	123,045	183,174
25	2039	13,565	120,413	275,961	409,940	25	2039	7,669	65,099	150,701	223,469	25	2039	5,896	55,314	125,260	186,471
26	2040	13,810	122,581	280,928	417,319	26	2040	7,807	66,271	153,413	227,491	26	2040	6,002	56,310	127,515	189,827
27	2041	14,058	124,787	285,985	424,830	27	2041	7,948	67,464	156,175	231,586	27	2041	6,110	57,324	129,810	193,244
28	2042	14,311	127,033	291,133	432,477	28	2042	8,091	68,678	158,986	235,755	28	2042	6,220	58,355	132,147	196,722
29	2043	14,569	129,320	296,373	440,262	29	2043	8,236	69,914	161,848	239,998	29	2043	6,332	59,406	134,525	200,263
30	2044	14,831	131,648	301,708	448,187	30	2044	8,385	71,173	164,761	244,318	30	2044	6,446	60,475	136,947	203,868
31	2045	15,098	134,017	307,138	456,254	31	2045	8,536	72,454	167,727	248,716	31	2045	6,562	61,564	139,412	207,538
32	2046	15,370	136,430	312,667	464,466	32	2046	8,689	73,758	170,746	253,193	32	2046	6,681	62,672	141,921	211,274
33	2047	15,646	138,886	318,295	472,827	33	2047	8,846	75,085	173,819	257,750	33	2047	6,801	63,800	144,476	215,076

Fuente: Elaboración propia SENER con base a estudio de demanda de USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-4. Demanda total diaria captada de transporte privado por segmento de demanda

DEMANDA TOTAL DE TRANSPORTE PRIVADO CAPTADO EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO POR SENTIDO						Sentido Toluca - DF					55%	Sentido DF - Toluca					45%
H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total	H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total	H.E.	Año	Interna Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - D.F	Total
	2012	682	6,054	13,876	20,612		2012	386	3,273	7,577	11,236		2012	296	2,781	6,298	9,376
	2013	694	6,163	14,125	20,983		2013	393	3,332	7,714	11,438		2013	302	2,831	6,412	9,545
0	2014	707	6,274	14,380	21,361	0	2014	400	3,392	7,853	11,644	0	2014	307	2,882	6,527	9,716
1	2015	720	6,387	14,639	21,745	1	2015	407	3,453	7,994	11,854	1	2015	313	2,934	6,645	9,891
2	2016	732	6,502	14,902	22,136	2	2016	414	3,515	8,138	12,067	2	2016	318	2,987	6,764	10,069
3	2017	746	6,619	15,170	22,535	3	2017	422	3,578	8,284	12,284	3	2017	324	3,041	6,886	10,251
4	2018	759	6,738	15,443	22,941	4	2018	429	3,643	8,433	12,505	4	2018	330	3,095	7,010	10,435
5	2019	773	6,859	15,721	23,353	5	2019	437	3,708	8,585	12,730	5	2019	336	3,151	7,136	10,623
6	2020	787	6,983	16,004	23,774	6	2020	445	3,775	8,740	12,960	6	2020	342	3,208	7,264	10,814
7	2021	801	7,109	16,292	24,202	7	2021	453	3,843	8,897	13,193	7	2021	348	3,266	7,395	11,009
8	2022	815	7,236	16,586	24,637	8	2022	461	3,912	9,057	13,430	8	2022	354	3,324	7,528	11,207
9	2023	830	7,367	16,884	25,081	9	2023	469	3,983	9,220	13,672	9	2023	361	3,384	7,664	11,409
10	2024	845	7,499	17,188	25,532	10	2024	478	4,054	9,386	13,918	10	2024	367	3,445	7,802	11,614
11	2025	860	7,634	17,497	25,992	11	2025	486	4,127	9,555	14,169	11	2025	374	3,507	7,942	11,823
12	2026	876	7,772	17,812	26,460	12	2026	495	4,202	9,727	14,424	12	2026	381	3,570	8,085	12,036
13	2027	891	7,912	18,133	26,936	13	2027	504	4,277	9,902	14,683	13	2027	387	3,634	8,231	12,253
14	2028	907	8,054	18,459	27,421	14	2028	513	4,354	10,081	14,948	14	2028	394	3,700	8,379	12,473
15	2029	924	8,199	18,792	27,914	15	2029	522	4,433	10,262	15,217	15	2029	401	3,767	8,530	12,698
16	2030	940	8,347	19,130	28,417	16	2030	532	4,512	10,447	15,491	16	2030	409	3,834	8,683	12,926
17	2031	957	8,497	19,474	28,928	17	2031	541	4,594	10,635	15,770	17	2031	416	3,903	8,840	13,159
18	2032	974	8,650	19,825	29,449	18	2032	551	4,676	10,826	16,053	18	2032	424	3,974	8,999	13,396
19	2033	992	8,805	20,182	29,979	19	2033	561	4,760	11,021	16,342	19	2033	431	4,045	9,161	13,637
20	2034	1,010	8,964	20,545	30,519	20	2034	571	4,846	11,219	16,636	20	2034	439	4,118	9,325	13,882
21	2035	1,028	9,125	20,915	31,068	21	2035	581	4,933	11,421	16,936	21	2035	447	4,192	9,493	14,132
22	2036	1,047	9,290	21,291	31,627	22	2036	592	5,022	11,627	17,241	22	2036	455	4,267	9,664	14,387
23	2037	1,065	9,457	21,675	32,197	23	2037	602	5,113	11,836	17,551	23	2037	463	4,344	9,838	14,646
24	2038	1,085	9,627	22,065	32,776	24	2038	613	5,205	12,049	17,867	24	2038	471	4,423	10,015	14,909
25	2039	1,104	9,800	22,462	33,366	25	2039	624	5,298	12,266	18,189	25	2039	480	4,502	10,196	15,178
26	2040	1,124	9,977	22,866	33,967	26	2040	635	5,394	12,487	18,516	26	2040	489	4,583	10,379	15,451
27	2041	1,144	10,156	23,278	34,578	27	2041	647	5,491	12,712	18,849	27	2041	497	4,666	10,566	15,729
28	2042	1,165	10,339	23,697	35,201	28	2042	658	5,590	12,941	19,189	28	2042	506	4,750	10,756	16,012
29	2043	1,186	10,525	24,123	35,834	29	2043	670	5,690	13,173	19,534	29	2043	515	4,835	10,950	16,300
30	2044	1,207	10,715	24,557	36,479	30	2044	682	5,793	13,411	19,886	30	2044	525	4,922	11,147	16,594
31	2045	1,229	10,908	25,000	37,136	31	2045	695	5,897	13,652	20,244	31	2045	534	5,011	11,347	16,892
32	2046	1,251	11,104	25,450	37,804	32	2046	707	6,003	13,898	20,608	32	2046	544	5,101	11,552	17,196
33	2047	1,273	11,304	25,908	38,485	33	2047	720	6,111	14,148	20,979	33	2047	554	5,193	11,760	17,506

Fuente: Elaboración propia SENER con base a estudio de demanda de USTRAN-ILF.

La demanda obtenida en el año base de 2012 corresponde a la demanda que tendría el tren en ese año si hubiese estado en operación. En los años posteriores a 2012 la demanda potencial que tendría el tren será superior debido al crecimiento tanto de la población como de la actividad económica en el ámbito de influencia del nuevo tren.

Teniendo en cuenta los crecimientos observados de estas variables socioeconómicas se realizó en el estudio de demanda una estimación del crecimiento de la movilidad de un 1.80% anual el cual es un supuesto conservador.

Análisis Costo Beneficio del TITV

4.13. Interacción oferta – demanda

En situación con proyecto la interacción entre oferta y demanda tiene como resultado la propia demanda del nuevo modo, esto es así porque el modelo de transporte se utiliza para producir esta interacción entre una demanda de transportes total del corredor y la oferta total del corredor cuyos tiempos de viaje se ven modificados por la presencia del tren.

Las siguiente tablas muestran los cambios entre la situación sin proyecto y con proyecto, diferenciando entre horas pico y no pico, así como transporte público y transporte privado.

Tabla 4-5. Distancias Medias de Viajes Sentido Toluca – DF (km)

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	17.50	19.00	95.00
Transporte Privado	14.00	15.83	84.00
Proyecto - Tren	22.00	21.33	93.75

Fuente: Elaboración propia SENER con base a estudio de demanda de USTRAN-ILF.

Tabla 4-6. Distancias Medias de Viajes Sentido DF – Toluca

Modo	Segmento de Demanda		
	Interna a Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - DF
Transporte Público	17.50	24.00	115.00
Transporte Privado	13.42	18.33	98.00
Proyecto - Tren	22.00	21.33	93.75

Fuente: Elaboración propia SENER con base a estudio de demanda de USTRAN-ILF.

Los cambios en tiempo de viaje entre la situación sin proyecto y con proyecto se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 4-7. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF – Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte público	Hora pico	Sin proyecto	40.49	85.45	168.44
			Con proyecto - Tren	22.51	31.46	74.46
Cambio en TV (minutos)				17.98	53.99	93.98

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-8. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte público	Hora no pico	Sin proyecto	41.49	76.52	159.54
			Con proyecto - Tren	23.51	32.68	75.56
Cambio en TV (minutos)				17.99	43.85	83.98

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-9. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte privado	Hora pico	Sin proyecto	23.53	40.47	88.44
			Con proyecto - Tren	22.47	31.53	74.46
Cambio en TV (minutos)				1.06	8.94	13.99

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-10. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte privado	Hora no pico	Sin proyecto	24.52	38.48	86.54
			Con proyecto - Tren	23.48	32.52	75.56
Cambio en TV (minutos)				1.03	5.97	10.99

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

La interacción para el tramo Distrito Federal – Toluca se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4-11. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido – DF- Toluca – Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte público	Hora pico	Sin proyecto	40.59	95.62	178.63
			Con proyecto - Tren	22.51	31.58	74.58
Cambio en TV (minutos)				18.09	64.05	104.05

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-12. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte público

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte público	Hora no pico	Sin proyecto	41.39	86.44	169.46
			Con proyecto - Tren	23.41	32.36	75.45
Cambio en TV (minutos)				17.98	54.08	94.01

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-13. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte privado	Hora pico	Sin proyecto	23.61	43.58	91.57
			Con proyecto - Tren	22.69	31.52	74.63
Cambio en TV (minutos)				0.93	12.07	16.93

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-14. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte privado	Hora no pico	Sin proyecto	24.40	41.37	89.53
			Con proyecto - Tren	23.38	32.33	75.48
Cambio en TV (minutos)				1.02	9.05	14.05

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Debido a que existirá una especie de desahogo en las vías actuales como consecuencia de la captación de demanda del proyecto, la demanda que no fue captada también se verá beneficiada. Los cambios en tiempo de viaje que verán estos usuarios se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 4-15. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF – Transporte público para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte público	Hora pico	Sin proyecto	40.49	85.45	168.44
			Con proyecto	39.40	81.50	163.50
Cambio en TV (minutos)				1.09	3.95	4.94

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-16. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte público para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte público	Hora no pico	Sin proyecto	41.49	76.52	159.54
			Con proyecto	40.50	72.50	154.50
Cambio en TV (minutos)				0.99	4.02	5.04

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-17. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte privado	Hora pico	Sin proyecto	23.53	40.47	88.44
			Con proyecto	23.30	38.50	86.50
Cambio en TV (minutos)				0.23	1.97	1.94

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-18. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - Toluca – DF - Transporte privado para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
Toluca - DF	Transporte privado	Hora no pico	Sin proyecto	24.52	38.48	86.54
			Con proyectb	24.40	36.60	84.50
Cambio en TV (minutos)				0.12	1.88	2.04

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

La interacción para el tramo Distrito Federal – Toluca se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4-19. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido – DF- Toluca – Transporte público para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte público	Hora pico	Sin proyecto	40.59	95.62	178.63
			Con proyecto	39.60	90.70	172.50
Cambio en TV (minutos)				0.99	4.92	6.13

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 4-20. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte público para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte público	Hora no pico	Sin proyecto	41.39	86.44	169.46
			Con proyecto	40.30	82.50	164.40
Cambio en TV (minutos)				1.09	3.94	5.06

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-21. Cambio Tiempo de Viaje - Horas Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte privado	Hora pico	Sin proyecto	23.61	43.58	91.57
			Con proyecto	23.60	41.70	87.70
Cambio en TV (minutos)				0.01	1.88	3.87

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

Tabla 4-22. Cambio Tiempo de Viaje - Horas No Pico Sentido - DF- Toluca - Transporte privado para demanda no captada

Sentido	Modo	Periodo	Situación	Interna a Toluca (minutos)	Santa Fe - Observatorio (minutos)	Toluca - D,F (minutos)
DF - Toluca	Transporte privado	Hora no pico	Sin proyecto	24.40	41.37	89.53
			Con proyecto	24.40	39.40	87.40
Cambio en TV (minutos)				0.00	1.97	2.13

Fuente: Estudio de demanda USTRAN-ILF.

5. Evaluación del Proyecto

El análisis costo - beneficio (ACB), está basado en la metodología avalada por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UI-SHCP), el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP).

Específicamente se siguieron los Lineamientos para la Presentación de Programas y Proyectos de Inversión (los Lineamientos), emitidos por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UI-SHCP) cuya última versión se publicó el 27 de Abril de 2012.

En términos generales, con el análisis costo - beneficio es posible calcular los beneficios y costos sociales que genera un proyecto, y evalúa como se modificaría la situación actual (situación sin proyecto) en caso de realizarse el proyecto (situación con proyecto). Si los beneficios de realizar el proyecto son mayores a los costos, se considera que el proyecto es viable desde el punto de vista socioeconómico. Si por el contrario, se generan más costos que beneficios, se considera que el proyecto no es viable. Los criterios de decisión para la definición de si el proyecto es social y económicamente rentable es a partir del cálculo de los indicadores de rentabilidad del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de retorno (TIR) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

La evaluación socioeconómica se realizó bajo los supuestos y lineamientos establecidos por la UI-SHCP, siendo los más relevantes los siguientes:

- Se utilizaron precios de 2013 sin IVA.
- Horizonte de evaluación de 34 años, considerando 4 años de construcción y 30 años de operación.
- Tasa social de descuento del 12%, la cual es la establecida por la UI-SHCP.
- Se utilizaron precios constantes de 2013 a lo largo del horizonte de evaluación.
- La tasa de crecimiento para a proyección de la demanda es del 1.8%.
- Los Tiempos de Viaje (TV) se consideran constantes a lo largo del horizonte de evaluación.
- Se utilizó el valor social del tiempo emitido por el CEPEP.
- Tasa de maduración de 82.58 % para el primer año de operación.

Para la obtención de la tasa maduración se consideró el caso de la Línea 1 del Tren Suburbano, la cual presento una maduración de la demanda de un año, empezando el primer mes de operación con un 50% de la demanda alcanzada al final del período de maduración (mes 12). Esta maduración observada se ha aplicado al caso del proyecto TITV, suponiendo que la demanda al final de maduración sea la demanda estimada por el modelo, que el período de maduración sea de 1 año y que en el primer mes de operación (enero de 2018) la demanda sea del 50% de la estimada.

Análisis Costo Beneficio del TITV

5.1. Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto.

Los costos identificados en la ejecución del proyecto son: costos de inversión inicial, mantenimiento y operación y adquisición de material móvil (reinversiones). Cabe destacar que el desarrollo de los estudios de anteproyecto presentan un avance que ha permitido calcular los costos a nivel de Pre Factibilidad. Es importante señalar que adicionalmente a los costos señalados, también se consideraron los denominados costos por molestias, que son aquellos costos en los que se incurre durante el tiempo que se realizan las obras necesarias para la puesta en marcha del proyecto. Los costos por molestias, la mayoría de veces están relacionados con ruido, vibraciones, contaminación y mayores tiempos de viaje por congestión en las zonas donde se realizan las obras.

5.1.1. Costo de inversión inicial

El costo de inversión inicial estimado es de 33,471.83 millones de pesos de 2013 sin IVA, con estos recursos será posible construir la infraestructura y dotar del equipamiento necesario al proyecto. Este costo incluye obra civil, instalaciones ferroviarias y la adquisición del derecho de vía.

Es importante señalar que el proyecto requiere de 4 años para su construcción. El monto correspondiente a cada año se presenta en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Monto de inversión por año (mdp de 2103 sin IVA)

Inversión	Total (mdp)
2014	4,732.07
2015	10,460.115
2016	14,736.72
2017	3,452.90
Total	33,471.83

Fuente: SENER.

5.1.2. Costo por molestias

La siguiente tabla muestra la calendarización de los costos por molestia, cabe mencionar que esta cuantificación se realizó con considerando obras durante 6 meses de 2014 y los 24 meses del periodo 2015 – 2016.

Tabla 5-2. Costos por molestia totales (mdp de 2103 sin IVA)

Costos por molestia	Total COV y TV (mdp)	Total obras para minimizar (mdp)	Total (mdp)
2014	6.27		6.27
2015	86.10	180.33	266.43
2016	1.89	180.33	182.22
Total	94.26	360.66	454.92

Fuente: SENER.

5.1.3. Costo de operación - Adquisición de nuevo material móvil

Como se ha mencionado, al inicio de las operaciones se contará con una flota de 20 trenes, sin embargo para satisfacer la demanda a lo largo del horizonte se tienen que adquirir 2 trenes en 2022, 3 en 2025 y 6 trenes en 2036 (Esta versión pública no incluye el desglose del costo del material rodante).

5.1.4. Costo de operación y mantenimiento

Como se ha mencionado, al inicio de las operaciones se contará con una flota de 20 trenes, sin embargo para satisfacer la demanda a lo largo del horizonte esta flota crece, debido a esto los costos anuales de operación y mantenimiento son crecientes en el tiempo. Este crecimiento se observará cada vez que se incremente la flota de operación y mantenimiento.

Para la estimación de los costos de operación y mantenimiento se tomaron como guía los costos observados en proyectos similares de España, adaptando esos precios a la economía mexicana y a la escala de la futura operación del proyecto analizado en el presente estudio. Dentro de esos costos se incluye el mantenimiento de la vía, la conducción, la energía, mantenimiento de trenes y estructura. Este costo se ha considerado de aproximadamente 800 millones anuales los cuales son crecientes en el tiempo debido al crecimiento de la flota.

(El desglose de los costos de operación y mantenimiento no se incluye en esta versión pública)

5.2. Identificación, cuantificación y valoración de beneficios del proyecto

El servicio ferroviario que se propone como solución a la problemática existente, genera diversos beneficios a la sociedad. El TITV permitirá movilizar a miles de pasajeros de manera simultánea con velocidades de traslado muy superiores a las que se pueden lograr por medios alternativos. Para efectos de la presente evaluación, los beneficios identificados con el proyecto son:

- Liberación de recursos en Costos de Operación Vehicular (COV);
- Ahorros en Tiempo de Viaje (TV) tanto para los usuarios del tren como para las personas que continuarán usando los mismos medios de transporte debido a un desahogo de las vías por consecuencia del proyecto.
- Incremento en el valor de los predios en zonas adyacentes a las terminales (no cuantificado);
- Reducción de accidentes (no cuantificado); y
- Reducción de emisiones de CO₂ (no cuantificado);

A continuación se presenta la cuantificación de los beneficios y se describe brevemente la estimación de cada uno.

5.2.1. Liberación de recursos en Costos de Operación Vehicular

El proyecto fomentará un uso más eficiente de recursos en la sociedad. En particular, en la situación con proyecto dejarán de utilizarse vehículos privados y de transporte público que operan en la situación sin proyecto. Lo anterior

Análisis Costo Beneficio del TITV

implica una liberación de recursos por Costos de Operación Vehicular (COV) debido a los km/vehículo que se dejarán de recorrer en vehículos privados y de transporte público³.

La liberación de recursos en el transporte privado se dará como resultado de la elección de los viajeros de movilizarse en el tren y no por vehículo privado por la comodidad que esto implica. En el caso del transporte público, como resultado de menores tiempos y costos de traslado, muchos usuarios actuales de transporte público se transportarán en tren, por lo que se liberarán recursos, en particular camiones, que podrán ser utilizados en la economía con otro uso productivo.

La siguiente tabla muestra el flujo de la liberación de recursos en COV como consecuencia de un menor uso de vehículos privados a lo largo del horizonte de evaluación (H.E). Como se mostró en la tabla anterior, el beneficio por este concepto es de 687.25 mdp. Sin embargo, debido a la naturaleza del proyecto existe un periodo de maduración de un año (2018) por lo cual la demanda y los beneficios no se pueden considerar al 100% durante ese periodo.

Con base a esa maduración que establece una demanda promedio del 82.58% en el primer año de operación, el beneficio para el primer año de operación será de 567.55 mdp. A partir de 2019 el proyecto habrá madurado y contará con el 100% de la demanda y beneficios proyectados.

Tabla 5-3. Proyección de la liberación de recursos en COV en transporte privado (mdp de 2013 sin IVA)

H.E.	Año	Beneficio anual total (mdp)	H.E.	Año	Beneficio anual total (mdp)
4	2018	567.55	19	2033	898.11
5	2019	699.62	20	2034	914.28
6	2020	712.21	21	2035	930.73
7	2021	725.03	22	2036	947.49
8	2022	738.08	23	2037	964.54
9	2023	751.37	24	2038	981.90
10	2024	764.89	25	2039	999.58
11	2025	778.66	26	2040	1,017.57
12	2026	792.68	27	2041	1,035.89
13	2027	806.94	28	2042	1,054.53
14	2028	821.47	29	2043	1,073.51
15	2029	836.26	30	2044	1,092.84
16	2030	851.31	31	2045	1,112.51
17	2031	866.63	32	2046	1,132.53
18	2032	882.23	33	2047	1,152.92

Fuente: Elaboración propia SENER con base en estudio de demanda de USTRAN-ILF.

A continuación puede apreciarse el cálculo realizado para transporte público.

³ En este concepto no se considera el valor del tiempo de las personas, que es calculado en el siguiente apartado.

Análisis Costo Beneficio del TITV

La proyección del beneficio a lo largo del horizonte de evaluación se presenta en la siguiente tabla. Cabe mencionar que considerando el periodo de maduración del proyecto, el beneficio de 1,133.00 se verá reducido para el primer año de operación a 935.67 mdp.

Tabla 5-4. Proyección de la liberación de recursos en COV en transporte público (mdp de 2013)

H.E.	Año	Beneficio anual total (mdp)	H.E.	Año	Beneficio anual total (mdp)
4	2018	935.67	19	2033	1,480.63
5	2019	1,153.40	20	2034	1,507.28
6	2020	1,174.16	21	2035	1,534.41
7	2021	1,195.29	22	2036	1,562.03
8	2022	1,216.81	23	2037	1,590.15
9	2023	1,238.71	24	2038	1,618.77
10	2024	1,261.01	25	2039	1,647.91
11	2025	1,283.70	26	2040	1,677.57
12	2026	1,306.81	27	2041	1,707.77
13	2027	1,330.33	28	2042	1,738.51
14	2028	1,354.28	29	2043	1,769.80
15	2029	1,378.66	30	2044	1,801.66
16	2030	1,403.47	31	2045	1,834.09
17	2031	1,428.73	32	2046	1,867.10
18	2032	1,454.45	33	2047	1,900.71

Fuente: Elaboración propia SENER con base en estudio de demanda de USTRAN-ILF.

5.2.2. Ahorros en Tiempo de Viaje para la demanda captada

El cálculo del ahorro en el TV se realizó al contrastar las situaciones con y sin proyecto. Se diferencia a los usuarios de transporte público de aquellos que utilizan el transporte privado.

Para los usuarios del tren interurbano (proyecto) que en la situación sin proyecto utilizaban vehículos particulares y que en la situación con proyecto cambiarán de medio de transporte, se estimó el ahorro en TV para las rutas: Toluca – DF, Santa Fe – Observatorio y para los viajes internos en Toluca.

El ahorro de TV para los usuarios que en la situación sin proyecto se movilizaban en vehículos particulares, se consideró en función del diferencial estimado en el estudio de demanda. A partir de éste dato se cuantificó el monto total de recursos que se ahorrará la sociedad por menores TV.

El valor social del tiempo de \$33.08 por hora utilizado en el presente estudio, se obtuvo considerando la estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México en 2013, publicada por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), el cual considera distintos valores por motivo de viaje (trabajo o placer). Debido a que el proyecto comunicará dos entidades se utilizaron además de la distribución de la demanda, cuatro distintos valores con los cuales se obtuvo el valor ponderado de \$33.08 por hora.

Análisis Costo Beneficio del TITV

El cálculo de los ahorros en TV se presenta a continuación distinguiendo los viajeros, el ahorro en TV (minutos por viaje, por día y horas por año) y la cuantificación del mismo.

- Ahorros en TV para la demanda captada de vehículos privados**

La cuantificación total de los beneficios por ahorros en TV para los vehículos privados que capta el proyecto en el primer año de operación (2018) sin considerar el periodo de maduración es de 50.63 millones de pesos ($14.33+10.79+10.58+14.93=50.63$ mdp). El monto de este beneficio considerando la maduración (82.58%) en el primer año de operación será de 41.81 millones de pesos.

La proyección del beneficio a lo largo del horizonte de evaluación por concepto de ahorros en TV para los vehículos privados que capta el proyecto se presenta en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5. Proyección del ahorro en TV del transporte privado (mdp de 2013)

H.E.	Año	Beneficio total (mdp)	H.E.	Año	Beneficio total (mdp)
4	2018	41.81	19	2033	66.17
5	2019	51.55	20	2034	67.36
6	2020	52.47	21	2035	68.57
7	2021	53.42	22	2036	69.81
8	2022	54.38	23	2037	71.06
9	2023	55.36	24	2038	72.34
10	2024	56.35	25	2039	73.65
11	2025	57.37	26	2040	74.97
12	2026	58.40	27	2041	76.32
13	2027	59.45	28	2042	77.69
14	2028	60.52	29	2043	79.09
15	2029	61.61	30	2044	80.52
16	2030	62.72	31	2045	81.97
17	2031	63.85	32	2046	83.44
18	2032	65.00	33	2047	84.94

Fuente: Elaboración propia SENER con base en estudio de demanda de USTRAN-ILF.

- Ahorros en TV para la demanda captada de transporte público**

La cuantificación total de los beneficios por ahorros en TV para la demanda de transporte público captada por el proyecto en el primer año de operación (2018) sin considerar el ajuste por maduración es de 4,186.86 millones de pesos ($1,161.23+1,108.48+991.40+925.75 = 4,186.86$). Una vez que se ajusta la demanda debido a la maduración del proyecto (82.58%) el beneficio que se obtendrá para el primer año de operación será de 3,457.63 millones de pesos.

La proyección del beneficio a los largo del horizonte de evaluación por concepto de ahorros en TV para el transporte público captado por el proyecto se presenta en la siguiente tabla.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-6. Proyección del ahorro en TV del transporte público (mdp de 2013)

H.E.	Año	Beneficio total (mdp)	H.E.	Año	Beneficio total (mdp)
4	2018	3,457.63	19	2033	5,471.48
5	2019	4,262.22	20	2034	5,569.97
6	2020	4,338.94	21	2035	5,670.23
7	2021	4,417.04	22	2036	5,772.29
8	2022	4,496.55	23	2037	5,876.19
9	2023	4,577.49	24	2038	5,981.97
10	2024	4,659.88	25	2039	6,089.64
11	2025	4,743.76	26	2040	6,199.25
12	2026	4,829.15	27	2041	6,310.84
13	2027	4,916.07	28	2042	6,424.44
14	2028	5,004.56	29	2043	6,540.08
15	2029	5,094.64	30	2044	6,657.80
16	2030	5,186.35	31	2045	6,777.64
17	2031	5,279.70	32	2046	6,899.64
18	2032	5,374.74	33	2047	7,023.83

Fuente: Elaboración propia SENER con base en estudio de demanda de USTRAN-ILF.

5.2.3. Ahorros en Tiempo de Viaje para la demanda no captada

Para el caso de los usuarios que no capta el proyecto y que seguirán usando los mismos medios de transporte, las siguientes tablas muestran la cuantificación de los ahorros que percibirán una vez que entre en operación el proyecto como consecuencia de un desahogo de las vías actuales de comunicación.

- Ahorros en TV para la demanda no captada de vehículos privados**

La cuantificación total de los beneficios por ahorros en TV para los vehículos privados en el primer año de operación (2018) sin considerar la maduración de un año del proyecto es de 77.34 millones de pesos ($21.06+16.94+18.65+20.69=77.34$ mdp). Una vez que se considera la maduración (82.58%) del proyecto el beneficio por este concepto desciende a 63.87 millones de pesos.

La proyección del beneficio a lo largo del horizonte de evaluación por concepto de ahorros en TV para la demanda de vehículos privados no captados por el proyecto se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5-7. Proyección del ahorro en TV del transporte privado no captado (mdp de 2013)

H.E.	Año	Beneficio total (mdp)	H.E.	Año	Beneficio total (mdp)
4	2018	63.87	19	2033	101.07
5	2019	78.73	20	2034	102.88
6	2020	80.15	21	2035	104.74
7	2021	81.59	22	2036	106.62
8	2022	83.06	23	2037	108.54
9	2023	84.55	24	2038	110.49
10	2024	86.07	25	2039	112.48
11	2025	87.62	26	2040	114.51
12	2026	89.20	27	2041	116.57
13	2027	90.81	28	2042	118.67
14	2028	92.44	29	2043	120.80
15	2029	94.10	30	2044	122.98
16	2030	95.80	31	2045	125.19
17	2031	97.52	32	2046	127.45
18	2032	99.28	33	2047	129.74

Fuente: Elaboración propia SENER con base en estudio de demanda de USTRAN-ILF.

- Ahorros en TV para la demanda no captada de transporte público**

La cuantificación total de los beneficios por ahorros en TV para los vehículos de transporte público no captados por el proyecto en el primer año de operación (2018) sin considerar la maduración del proyecto asciende a 87.82 millones de pesos ($25.55+15.38+21.64+25.25 = 87.82$ mdp). Considerando el ajuste por maduración (82.58%) en el primer año de operación el monto de este beneficio es de 72.53 millones de pesos.

La proyección del beneficio a lo largo del horizonte de evaluación por concepto de ahorros en TV para el transporte público no captado por el proyecto se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5-8. Proyección del ahorro en TV del transporte público no captado (mdp de 2013)

H.E.	Año	Beneficio total (mdp)	H.E.	Año	Beneficio total (mdp)
4	2018	72.53	19	2033	114.77
5	2019	89.40	20	2034	116.83
6	2020	91.01	21	2035	118.94
7	2021	92.65	22	2036	121.08
8	2022	94.32	23	2037	123.26
9	2023	96.02	24	2038	125.48
10	2024	97.74	25	2039	127.74
11	2025	99.50	26	2040	130.03
12	2026	101.30	27	2041	132.37
13	2027	103.12	28	2042	134.76
14	2028	104.97	29	2043	137.18
15	2029	106.86	30	2044	139.65
16	2030	108.79	31	2045	142.17
17	2031	110.75	32	2046	144.73
18	2032	112.74	33	2047	147.33

Fuente: Elaboración propia SENER con base en estudio de demanda de USTRAN-ILF.

5.2.4. Perpetuidad de los beneficio

Debido a que la vida útil de proyectos de esta naturaleza es mucho mayor al horizonte de evaluación considerado en el presente estudio, se estimaron los futuros beneficios que el proyecto generará en años posteriores al 2047. Para la cuantificación de este beneficio se consideró un periodo de 50 años de operación posterior al horizonte de valuación, se proyectaron los costos en que se incurrirían por operar y mantener al proyecto (38,277.38 mdp) y se trajeron a valor presente del año 2047 (5,198.86 mdp), una vez realizada esa cuantificación se obtuvo el costos anual equivalente por 623.86 mdp, monto que se le resto a los beneficios anuales esperados de 9,358.58 mdp con lo cual se obtuvo un beneficio neto de 8,374.73 mdp. Una vez obtenido este monto de 8,374.73 mdp se aplicó la fórmula de perpetuidad con los cual se obtuvo el resultado final de 72,789.38 mdp.

5.3. Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Establecidos los costos sociales de la inversión, los costos por molestia, los costos de operación y mantenimiento y la valoración monetaria de los beneficios, se determina el flujo 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 o tasa de descuento o actualización.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-9. Flujo de costos y beneficios del proyecto (mdp de 2013 sin IVA)

Año	H.E.	Costos					Total costos	Beneficios							Total beneficios	Flujos
		Inversión	Derechos de vía	Op. y Mantto.	Molestias	Liberación COV		Ahorros TV				Perpetuidad de beneficios				
						Transporte privado		Transporte público	T. Privado - Demanda captada	T. Público - Demanda captada	T. Privado - Demanda No Captada		T. Público - Demanda No Captada			
2014	0	- 4,047.07	- 685.00	-	- 6.27	- 4,738.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 4,738.34
2015	1	- 9,775.15	- 685.00	-	- 266.43	- 10,726.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 10,726.57
2016	2	- 14,736.72	-	-	- 182.22	- 14,918.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 14,918.93
2017	3	- 3,542.90	-	-	-	- 3,542.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 3,542.90
2018	4	-	-	800.00	-	800.00	567.55	935.67	41.81	3,457.63	63.87	72.53	-	5,139.06	4,339.06	
2019	5	-	-	800.00	-	800.00	699.62	1,153.40	51.55	4,262.22	78.73	89.40	-	6,334.91	5,534.91	
2020	6	-	-	800.00	-	800.00	712.21	1,174.16	52.47	4,338.94	80.15	91.01	-	6,448.94	5,648.94	
2021	7	-	-	800.00	-	800.00	725.03	1,195.29	53.42	4,417.04	81.59	92.65	-	6,565.02	5,765.02	
2022	8	-	-	1,147.30	-	1,147.30	738.08	1,216.81	54.38	4,496.55	83.06	94.32	-	6,683.19	5,535.89	
2023	9	-	-	828.51	-	828.51	751.37	1,238.71	55.36	4,577.49	84.55	96.02	-	6,803.49	5,974.98	
2024	10	-	-	828.51	-	828.51	764.89	1,261.01	56.35	4,659.88	86.07	97.74	-	6,925.95	6,097.44	
2025	11	-	-	1,399.09	-	1,399.09	778.66	1,283.70	57.37	4,743.76	87.62	99.50	-	7,050.62	5,651.53	
2026	12	-	-	920.91	-	920.91	792.68	1,306.81	58.40	4,829.15	89.20	101.30	-	7,177.53	6,256.62	
2027	13	-	-	920.91	-	920.91	806.94	1,330.33	59.45	4,916.07	90.81	103.12	-	7,306.73	6,385.82	
2028	14	-	-	920.91	-	920.91	821.47	1,354.28	60.52	5,004.56	92.44	104.97	-	7,438.25	6,517.34	
2029	15	-	-	920.91	-	920.91	836.26	1,378.66	61.61	5,094.64	94.10	106.86	-	7,572.14	6,651.23	
2030	16	-	-	920.91	-	920.91	851.31	1,403.47	62.72	5,186.35	95.80	108.79	-	7,708.44	6,787.53	
2031	17	-	-	920.91	-	920.91	866.63	1,428.73	63.85	5,279.70	97.52	110.75	-	7,847.19	6,926.28	
2032	18	-	-	920.91	-	920.91	882.23	1,454.45	65.00	5,374.74	99.28	112.74	-	7,988.44	7,067.53	
2033	19	-	-	920.91	-	920.91	898.11	1,480.63	66.17	5,471.48	101.07	114.77	-	8,132.23	7,211.32	
2034	20	-	-	920.91	-	920.91	914.28	1,507.28	67.36	5,569.97	102.88	116.83	-	8,278.61	7,357.70	
2035	21	-	-	920.91	-	920.91	930.73	1,534.41	68.57	5,670.23	104.74	118.94	-	8,427.62	7,506.72	
2036	22	-	-	2,037.24	-	2,037.24	947.49	1,562.03	69.81	5,772.29	106.62	121.08	-	8,579.32	6,542.08	
2037	23	-	-	1,080.89	-	1,080.89	964.54	1,590.15	71.06	5,876.19	108.54	123.26	-	8,733.75	7,652.86	
2038	24	-	-	1,080.89	-	1,080.89	981.90	1,618.77	72.34	5,981.97	110.49	125.48	-	8,890.96	7,810.07	
2039	25	-	-	1,080.89	-	1,080.89	999.58	1,647.91	73.65	6,089.64	112.48	127.74	-	9,050.99	7,970.11	
2040	26	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,017.57	1,677.57	74.97	6,199.25	114.51	130.03	-	9,213.91	8,133.02	
2041	27	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,035.89	1,707.77	76.32	6,310.84	116.57	132.37	-	9,379.76	8,298.87	
2042	28	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,054.53	1,738.51	77.69	6,424.44	118.67	134.76	-	9,548.60	8,467.71	
2043	29	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,073.51	1,769.80	79.09	6,540.08	120.80	137.18	-	9,720.47	8,639.59	
2044	30	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,092.84	1,801.66	80.52	6,657.80	122.98	139.65	-	9,895.44	8,814.55	
2045	31	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,112.51	1,834.09	81.97	6,777.64	125.19	142.17	-	10,073.56	8,992.67	
2046	32	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,132.53	1,867.10	83.44	6,899.64	127.45	144.73	-	10,254.88	9,174.00	
2047	33	-	-	1,080.89	-	1,080.89	1,152.92	1,900.71	84.94	7,023.83	129.74	147.33	72,789.38	83,228.85	82,147.97	
		-32,101.83	-1,370.00	-30,539.51	-454.92	-64,466.26	26,903.86	44,353.89	1,982.18	163,904.02	3,027.52	3,438.02	72,789.38	316,398.87	251,932.61	

Fuente: SENER

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-10. Flujo descontado de costos y beneficios del proyecto (mdp de 2013 sin IVA)

Año	H.E.	Costos descontados					Total costos	Beneficios descontados							Total beneficios	Flujos descontados	
		Inversión	Derechos de vía	Op. y Mantto.	Molestias	Liberación COV		Ahorros TV				Perpetuidad de beneficios					
						Transporte privado		Transporte público	T. Privado - Demanda captada	T. Público - Demanda captada	T. Privado - Demanda No Captada		T. Público - Demanda No Captada				
2014	0	-	4,047.07	-	685.00	-	6.27	-	4,738.34	-	-	-	-	-	-	-	4,738.34
2015	1	-	8,727.81	-	611.61	-	237.88	-	9,577.30	-	-	-	-	-	-	-	9,577.30
2016	2	-	11,748.02	-	-	-	145.26	-	11,893.28	-	-	-	-	-	-	-	11,893.28
2017	3	-	2,521.77	-	-	-	-	-	2,521.77	-	-	-	-	-	-	-	2,521.77
2018	4	-	-	-	508.41	-	-	508.41	360.69	594.63	26.57	2,197.39	40.59	46.09	-	3,265.96	2,757.55
2019	5	-	-	-	453.94	-	-	453.94	396.98	654.47	29.25	2,418.50	44.67	50.73	-	3,594.60	3,140.66
2020	6	-	-	-	405.30	-	-	405.30	360.83	594.86	26.58	2,198.24	40.60	46.11	-	3,267.23	2,861.93
2021	7	-	-	-	361.88	-	-	361.88	327.97	540.69	24.16	1,998.05	36.91	41.91	-	2,969.68	2,607.80
2022	8	-	-	-	463.37	-	-	463.37	298.10	491.45	21.96	1,816.08	33.55	38.09	-	2,699.23	2,235.85
2023	9	-	-	-	298.77	-	-	298.77	270.95	446.69	19.96	1,650.69	30.49	34.62	-	2,453.41	2,154.64
2024	10	-	-	-	266.76	-	-	266.76	246.27	406.01	18.14	1,500.36	27.71	31.47	-	2,229.97	1,963.21
2025	11	-	-	-	402.20	-	-	402.20	223.85	369.03	16.49	1,363.72	25.19	28.61	-	2,026.89	1,624.68
2026	12	-	-	-	236.37	-	-	236.37	203.46	335.43	14.99	1,239.52	22.90	26.00	-	1,842.29	1,605.92
2027	13	-	-	-	211.05	-	-	211.05	184.93	304.88	13.63	1,126.64	20.81	23.63	-	1,674.51	1,463.46
2028	14	-	-	-	188.44	-	-	188.44	168.09	277.11	12.38	1,024.03	18.92	21.48	-	1,522.01	1,333.58
2029	15	-	-	-	168.25	-	-	168.25	152.78	251.88	11.26	930.77	17.19	19.52	-	1,383.40	1,215.15
2030	16	-	-	-	150.22	-	-	150.22	138.87	228.94	10.23	846.01	15.63	17.75	-	1,257.41	1,107.19
2031	17	-	-	-	134.13	-	-	134.13	126.22	208.09	9.30	768.96	14.20	16.13	-	1,142.90	1,008.77
2032	18	-	-	-	119.75	-	-	119.75	114.72	189.14	8.45	698.93	12.91	14.66	-	1,038.81	919.06
2033	19	-	-	-	106.92	-	-	106.92	104.28	171.91	7.68	635.28	11.73	13.33	-	944.21	837.28
2034	20	-	-	-	95.47	-	-	95.47	94.78	156.26	6.98	577.42	10.67	12.11	-	858.22	762.75
2035	21	-	-	-	85.24	-	-	85.24	86.15	142.02	6.35	524.83	9.69	11.01	-	780.06	694.82
2036	22	-	-	-	168.36	-	-	168.36	78.30	129.09	5.77	477.04	8.81	10.01	-	709.02	540.65
2037	23	-	-	-	79.76	-	-	79.76	71.17	117.33	5.24	433.59	8.01	9.09	-	644.45	564.69
2038	24	-	-	-	71.21	-	-	71.21	64.69	106.65	4.77	394.10	7.28	8.27	-	585.75	514.54
2039	25	-	-	-	63.58	-	-	63.58	58.80	96.94	4.33	358.21	6.62	7.51	-	532.41	468.83
2040	26	-	-	-	56.77	-	-	56.77	53.44	88.11	3.94	325.59	6.01	6.83	-	483.92	427.15
2041	27	-	-	-	50.69	-	-	50.69	48.58	80.08	3.58	295.94	5.47	6.21	-	439.85	389.16
2042	28	-	-	-	45.26	-	-	45.26	44.15	72.79	3.25	268.99	4.97	5.64	-	399.79	354.54
2043	29	-	-	-	40.41	-	-	40.41	40.13	66.16	2.96	244.49	4.52	5.13	-	363.38	322.98
2044	30	-	-	-	36.08	-	-	36.08	36.48	60.14	2.69	222.22	4.10	4.66	-	330.29	294.21
2045	31	-	-	-	32.21	-	-	32.21	33.15	54.66	2.44	201.99	3.73	4.24	-	300.21	268.00
2046	32	-	-	-	28.76	-	-	28.76	30.14	49.68	2.22	183.59	3.39	3.85	-	272.87	244.11
2047	33	-	-	-	25.68	-	-	25.68	27.39	45.16	2.02	166.87	3.08	3.50	1,729.31	1,977.33	1,951.65
		-27,044.67	-1,296.61	-5,355.25	-389.42	-34,085.94	4,446.34	7,330.26	327.59	27,088.03	500.35	568.19	1,729.31	41,990.08	7,904.14		

Fuente: SENER

A continuación se presentan los indicadores de rentabilidad del proyecto, como se podrá observar todos dan muestra de una rentabilidad socioeconómica ya que el Valor Presente Neto (VPN) es positivo y la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) son mayores a la tasa social de descuento de 12%.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-11. Indicadores de rentabilidad

Indicadores	
Valor Presente Neto (VPN mdp)	7,904.14
Tasa Interna de Retorno (TIR %)	14.45%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI %)	13.19%
Valor Presente (millones de pesos de 2013)	
Inversión	-28,341.27
Mantenimiento	-5,355.25
Molestias	-389.42
Total Costos	-34,085.94
Liberación de recursos en COV	11,776.60
Ahorros en TV	28,484.16
Perpetuidad de los beneficios	1,729.31
Total Beneficios	41,990.08

Fuente: SENER.

5.4. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad realizado considera variaciones en los costos y beneficios del proyecto. Su objetivo es mostrar que tan sensible es la rentabilidad del proyecto ante eventuales cambios no previstos en los flujos de costos y beneficios. El resultado del análisis realizado indica que el proyecto es socialmente rentable incluso ante cambios importantes en los costos y beneficios calculados. A continuación se presenta el detalle del análisis realizado de hasta un 30% de incremento y disminución en los factores más importantes del proyecto.

5.4.1. Inversión

Se puede observar que con un incremento del 25% en el monto de inversión del proyecto, el mismo sigue siendo socialmente rentable debido a que su VPN es positivo por 1,142.97 mdp y la TIR es de 12.30%. Con incrementos superiores al 25% en el monto de inversión existe el riesgo que deje de ser socialmente rentable.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-12. Análisis de sensibilidad en costos de inversión

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Inversión (Infraestructura)	30%	-209.26	11.95%
	25%	1,142.97	12.30%
	20%	2,495.21	12.68%
	15%	3,847.44	13.08%
	10%	5,199.67	13.50%
	5%	6,551.91	13.96%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	9,256.37	14.98%
	-10%	10,608.61	15.56%
	-15%	11,960.84	16.18%
	-20%	13,313.07	16.86%
	-25%	14,665.31	17.60%
	-30%	16,017.54	18.42%

Fuente: SENER.

5.4.2. Operación y mantenimiento

La siguiente tabla muestra que aun con incrementos del 30% en los costos de operación y mantenimiento el proyecto sigue siendo rentable pues se tendría un VPN de 6,297.57 mdp y una TIR del 13.96%.

Tabla 5-13. Análisis de sensibilidad en costos de operación y mantenimiento

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Costos de Op. y Mantto.	30%	6,297.57	13.96%
	25%	6,565.33	14.05%
	20%	6,833.09	14.13%
	15%	7,100.85	14.21%
	10%	7,368.62	14.29%
	5%	7,636.38	14.37%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	8,171.90	14.53%
	-10%	8,439.66	14.62%
	-15%	8,707.43	14.70%
	-20%	8,975.19	14.78%
	-25%	9,242.95	14.86%
	-30%	9,510.71	14.94%

Fuente: SENER.

5.4.3. Liberación de recursos por COV

Se realizaron ejercicios reduciendo el monto de los beneficios por liberación de recursos de COV, con lo cual se pudo conocer que con disminuciones del 30% en este beneficio se obtienen indicadores de rentabilidad social positivos, VPN de 4,371.16 mdp y una TIR de 13.37%.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-14. Análisis de sensibilidad en liberación de recursos COV

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Liberación de COV	30%	11,437.12	15.50%
	25%	10,848.29	15.33%
	20%	10,259.46	15.16%
	15%	9,670.63	14.98%
	10%	9,081.80	14.81%
	5%	8,492.97	14.63%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	7,315.31	14.28%
	-10%	6,726.48	14.10%
	-15%	6,137.65	13.92%
	-20%	5,548.82	13.74%
	-25%	4,959.99	13.56%
	-30%	4,371.16	13.37%

Fuente: SENER

5.4.4. Ahorros en TV en la demanda captada por el proyecto

El análisis muestra que con disminuciones del 30% en este beneficio se obtiene un VPN negativo de 320.55 mdp y una TIR de 11.90% (menor a la tasa social de descuento de 12%) con lo cual el proyecto deja de ser socialmente rentable.

Tabla 5-15. Análisis de sensibilidad en ahorros en TV en demanda captada

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Ahorros en TV de la demanda captada	30%	16,128.83	16.86%
	25%	14,758.04	16.47%
	20%	13,387.26	16.07%
	15%	12,016.48	15.67%
	10%	10,645.70	15.27%
	5%	9,274.92	14.86%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	6,533.36	14.04%
	-10%	5,162.58	13.62%
	-15%	3,791.80	13.20%
	-20%	2,421.02	12.77%
	-25%	1,050.23	12.33%
	-30%	-320.55	11.90%

Fuente: SENER.

5.4.5. Ahorros en TV en la demanda no captada por el proyecto

El análisis muestra que con disminuciones del 30% en este beneficio el proyecto sigue siendo rentable ya que presentaría un VPN de 7,583.58 mdp y una TRI de 14.36%.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-16. Análisis de sensibilidad en ahorros en TV en demanda no captada

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Ahorros en TV de la demanda no captada	30%	8,224.70	14.55%
	25%	8,171.28	14.53%
	20%	8,117.85	14.52%
	15%	8,064.42	14.50%
	10%	8,010.99	14.49%
	5%	7,957.57	14.47%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	7,850.71	14.44%
	-10%	7,797.29	14.42%
	-15%	7,743.86	14.41%
	-20%	7,690.43	14.39%
	-25%	7,637.00	14.37%
	-30%	7,583.58	14.36%

Fuente: SENER.

5.4.6. Ahorros en TV en la demanda total del proyecto (captada y no captada)

El análisis muestra que con disminuciones del 30% en el ahorro total del TV, el proyecto deja de ser socialmente rentable ya que presenta un VPN negativo por 641.11 mdp y una TIR de 11.79%.

Tabla 5-17. Análisis de sensibilidad en ahorros en TV en demanda no captada

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Ahorros en TV totales	30%	16,449.39	16.95%
	25%	15,025.18	16.54%
	20%	13,600.97	16.13%
	15%	12,176.76	15.72%
	10%	10,752.56	15.30%
	5%	9,328.35	14.88%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	6,479.93	14.02%
	-10%	5,055.72	13.59%
	-15%	3,631.52	13.15%
	-20%	2,207.31	12.70%
	-25%	783.10	12.25%
	-30%	-641.11	11.79%

Fuente: SENER.

5.4.7. Demanda del proyecto (cambios en ahorro en COV y TV en demanda captada y no captada)

El análisis muestra que con disminuciones de 20% en la demanda del proyecto se tiene un VPN negativo de 148.01 mdp y una TIR de 11.95% con lo cual el proyecto deja de ser socialmente rentable.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Tabla 5-18. Análisis de sensibilidad en demanda

Componente	Factor de sensibilidad	VPN (mdp)	TIR
Demanda	30%	19,982.37	17.94%
	25%	17,969.33	17.38%
	20%	15,956.29	16.81%
	15%	13,943.25	16.23%
	10%	11,930.22	15.65%
	5%	9,917.18	15.06%
	0.0%	7,904.14	14.45%
	-5%	5,891.10	13.84%
	-10%	3,878.06	13.22%
	-15%	1,865.03	12.59%
	-20%	-148.01	11.95%
	-25%	-2,161.05	11.30%
	-30%	-4,174.09	10.64%

Fuente: SENER.

5.4.8. Sensibilidad respecto a las tarifas analizadas

El análisis muestra los cambios en la demanda con y los respectivos indicadores de rentabilidad VPN y TIR.

Tabla 5-19. Análisis de sensibilidad en tarifas analizadas

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN TARIFAS ANALIZADAS						
Tarifa				Variación en la demanda	VPN (mdp)	TIR
DF	EDOMEX	DF - EDOMEX				
\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 40.00		0.00%	7,904.14	14.45%
\$ 8.00	\$ 8.00	\$ 40.00		4.13%	6,241.37	13.95%
\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 40.00		13.40%	2,509.20	12.79%
\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 50.00		9.68%	4,006.90	13.26%
\$ 8.00	\$ 6.00	\$ 50.00		12.97%	2,682.32	12.85%
\$ 6.00	\$ 8.00	\$ 50.00		10.13%	3,825.72	13.21%

Fuente: SENER.

5.5. Análisis de riesgos

A continuación se describen los principales riesgos identificados, así como las acciones de mitigación que deberán realizarse para evitar posibles daños.

El principal riesgo sobre la rentabilidad del proyecto son incrementos en los montos de inversión del mismo. Este riesgo puede deberse tanto a cambios en los costos de ingeniería del proyecto como a cambios en el valor de los insumos. Adicionalmente, cambios en el comportamiento esperado de la demanda pueden afectar significativamente la rentabilidad del proyecto. Para asegurar el uso del mismo, es importante que se diseñen planes de difusión y de conectividad de las estaciones con las principales vías de comunicación.

Análisis Costo Beneficio del TITV

Los derechos de vía pueden complicar la viabilidad del proyecto al dificultar la adquisición de los predios necesarios. Para mitigar este riesgo es importante que se adquieran los terrenos lo más pronto posible, así como generar una estrategia de adquisición de los mismos para evitar conflicto con los pobladores dueños de los terrenos.

El retraso en la disponibilidad de recursos económicos puede retrasar el inicio de operación del proyecto y reducir la rentabilidad del mismo. Es importante contar con la aprobación y trabajar de manera coordinada con las instituciones involucradas en el financiamiento de la obra.

6. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca - Valle de México” es socialmente rentable bajo las condiciones y supuestos analizados, pues genera beneficios superiores a los costos de inversión, mantenimiento y operación necesarios a lo largo de la vida útil del mismo.

Con base en los indicadores de rentabilidad estimados se concluye lo siguiente:

El año óptimo de operar el proyecto es el año 2018, ya que la Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) es de 13.19%, la cual es mayor a la tasa social de descuento de 12%. Por lo tanto, considerando que el proyecto requiere de 4 años para su construcción (2014-2017), el año óptimo de inversión es el año 2014.

Invirtiendo en el periodo 2014-2017, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de 7,904.14 millones de pesos del 2013 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14.45%, indicadores de rentabilidad que son socialmente favorables. Debido a esto, bajo las condiciones analizadas en el presente estudio se recomienda la realización del proyecto “Construcción y Operación del Tren Interurbano Toluca - Valle de México”.