



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO



# SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

**FERROCARRIL SUBURBANO DEL VALLE DE MÉXICO**

**SISTEMA 2**

**JARDINES DE MORELOS – MARTÍN CARRERA**

**ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO**

**Julio de 2008**

## ÍNDICE

<i>Índice de Tablas</i>	3
<i>Índice de Figuras</i>	4
<i>I. Resumen Ejecutivo</i>	5
<i>II. Situación sin Proyecto y posibles soluciones</i>	11
a. Diagnóstico	11
b. Solución optimizada a la problemática actual	22
c. Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto	24
d. Alternativas de solución	35
<i>III.- Descripción del Proyecto</i>	39
a. Objetivo	39
b. Propósito	40
c. Componentes	40
d. Calendario de actividades	51
e. Tipo de Proyecto	51
f. Localización geográfica y zona de influencia	52
g. Vida útil del Proyecto y su horizonte de evaluación	52
h. Capacidad Instalada	52
i. Metas anuales	54
j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación	55
k. Descripción de los aspectos más relevantes de las evaluaciones técnica, legal y ambiental del proyecto	60
l. Derechos de vía	64
m. Costo total del Proyecto	64
n. Las fuentes de recursos, calendarización y distribución	64
o. Supuestos técnicos y socioeconómicos para la evaluación	65
p. Infraestructura existente y Proyectos en desarrollo	65
<i>IV. Situación con Proyecto</i>	66
<i>V. Evaluación del Proyecto</i>	69
<i>VI. Análisis de sensibilidad y riesgos</i>	70
<i>VII. Conclusiones</i>	71

## ***Índice de Tablas***

Tabla 1.	Principales Aspectos de la Demanda
Tabla 2.	Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto
Tabla 3.	Porcentaje de Derroteros de Transporte Público y Vehículos en el Área de Influencia del Sistema 2
Tabla 4.	Ubicación de los Puntos de Encuestas de Origen – Destino, de Preferencias Declaradas y Observación de Frecuencia de Paso y Carga
Tabla 5.	Conformación de las Macrozonas en la Zona de Estudio
Tabla 6.	Unidades de Transporte Público por CETRAM
Tabla 7.	Origen y Cantidad de Derroteros
Tabla 8.	Destino y Cantidad de Derroteros
Tabla 9.	Parque vehicular
Tabla 10.	Oferta
Tabla 11.	Evaluación de las Alternativas
Tabla 12.	Pasajeros diarios, anuales
Tabla 13.	Pronostico de la demanda
Tabla 14.	Ahorros en Costos de Operación Vehicular
Tabla 15.	Ahorros en Tiempo de los Usuarios
Tabla 16.	Beneficios por Reducción de Emisiones Contaminantes
Tabla 17.	Total de Beneficios Asociados al Sistema 2
Tabla 18.	Ahorros por reducción de emisiones de contaminantes
Tabla 19.	Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto
Tabla 20.	Sensibilidad a los cambios en el Ahorro en Costos de Operación y Mantenimiento de los Vehículos del Transporte Público. Indicadores de Rentabilidad Social
Tabla 21.	Sensibilidad a los cambios en el en el Valor del Tiempo Ahorrado por los Usuarios. Indicadores de Rentabilidad Social
Tabla 22.	Beneficios Totales
Tabla 23.	Sensibilidad a los cambios en los Beneficios y Costos
Tabla 24.	Sensibilidad a la Demanda

## ***Índice de Figuras***

- Figura 1. Red de Trenes Suburbanos de la ZMVM
- Figura 2. Trazo del primer tramo del Sistema 2. Jardines de Morelos - Martín Carrera
- Figura 3. Municipio de Ecatepec de Morelos
- Figura 4. Delegación Gustavo A. Madero
- Figura 5. Municipio de Coacalco de Berriozábal
- Figura 6. Municipio de Tecámac
- Figura 7. Municipio de Acolman
- Figura 8. Metodología
- Figura 9. Interacción de los diferentes componentes de la metodología
- Figura 10. Líneas de deseo generadas en Ecatepec
- Figura 11. Líneas de deseo generadas en los Municipios de Coacalco, Tecámac y Acolman
  
- Figura 12. Porcentaje de Unidades del Servicio Público de Pasajeros por Destino
- Figura 13. Porcentaje de Unidades de Transporte Público por CETRAM
- Figura 14. Cobertura del transporte público de pasajeros en la zona de estudio
- Figura 15. Conectividad del Sistema 2 con otros Medios de Transporte
- Figura 16. Esquema Simplificado de un Sistema de Transporte Ferroviario
- Figura 17. Entorno del Proyecto
- Figura 18. Características de las Obras Civiles
- Figura 19. Características de la Operación del Sistema Ferroviario
- Figura 20. Características del Material Rodante
- Figura 21. Características del diseño de la Vía
- Figura 22. Características del Subsistema de Electrificación
- Figura 23. Características del Subsistema de Comunicaciones
- Figura 24. Características del Subsistema de Señalización y Control
- Figura 25. Potencial de Crecimiento del Sistema 2
- Figura 40. Trazo del primer tramo del Sistema 2
- Figura 41. El trazo del Sistema 2 seguirá el derecho de la Vía S de Jardines de Morelos a Xalostoc

## ***I. Resumen Ejecutivo***

El Gobierno del Estado de México y el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes han emprendido en forma conjunta un importante proyecto de trenes suburbanos para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), aprovechando al máximo los derechos de vía existentes en la zona, para atender, en forma eficiente, las necesidades de movilidad de la población de los principales municipios conurbados a la Ciudad de México, que en la actualidad, se ve obligada a realizar viajes muy largos en términos de distancia y tiempo.

Dentro de este contexto, las autoridades encomendaron la realización de estudios de Prefactibilidad Técnica – Financiera para el proyecto del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM en el año 2006 y el Gobierno del Estado de México estudios complementarios en 2007, para el primer tramo comprendido entre Jardines de Morelos en Ecatepec, Estado de México y la estación del metro Martín Carrera, en la delegación Gustavo A. Madero en el Distrito Federal.

El Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el Gobierno del Estado de México y el Gobierno del Distrito Federal celebraron un Convenio de Coordinación de Acciones de fecha 31 de agosto de 2007, para que en el ámbito de sus respectivas competencias y en un plano de colaboración y cooperación mutua, se apoye el desarrollo del proyecto del Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México en la Línea Jardines de Morelos - Martín Carrera.

El proyecto pretende resolver la problemática del transporte público actual en esta zona, que se caracteriza por ser de baja calidad (inseguro, lento, poco confiable, poco accesible, poco eficiente y contaminante), lo que representa un deterioro en la calidad de vida para el público usuario.

El proyecto se caracteriza por ofrecer un servicio de transporte masivo de alta calidad: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender una demanda superior a 13,000 pasajeros/hora-sentido y un volumen de pasajeros por día superior a 250,000, que mejorará el bienestar social de los habitantes de la ZMVM al disminuir significativamente el tiempo de transporte de los usuarios.

Este proyecto contribuirá en la solución del congestionamiento vial existente en la Carretera México-Pachuca, en el tramo entre la Estación del metro Indios Verdes y la Zona de Xalostoc-Ecatepec-Coacalco-Jardines de Morelos y, de manera más amplia, en la región Nororiente de la ZMVM, disminuyendo el costo anual de operación y mantenimiento del sistema de transporte público actual que da servicio a la demanda del corredor estudiado (Tramo Jardines de Morelos – Martín Carrera).

También contribuirá en la reducción de la contaminación ambiental causada por el tránsito vehicular, en la zona y propiciará un ahorro del consumo energético en materia de transporte en la ZMVM.

El Ferrocarril Suburbano Sistema 2 será el eje del reordenamiento del transporte público en la parte norte de la ZMVM, y contribuirá al desarrollo urbano equilibrado y al mejoramiento de la imagen urbana en la zona de influencia del proyecto.

El Sistema 2, en su tramo de Martín Carrera a Jardines de Morelos atraviesa el municipio con mayor población de la ZMVM, que es Ecatepec (1.7 millones de habitantes aproximadamente) y una parte de la delegación Gustavo A. Madero (1.2 millones de habitantes aproximadamente).

Para estimar la demanda del Ferrocarril Suburbano Sistema 2 se aplicó una metodología que consiste en una primera etapa en caracterizar la oferta y la demanda actuales en las cuencas y corredores de transporte en los que se asume se desplaza el mercado potencial de usuarios más representativo del Ferrocarril Suburbano (viajes de largo y mediano recorrido), determinándose las características de la oferta de transporte actual (medios de transporte, capacidad, velocidad, tiempos de recorridos, precio, entre otros); el perfil socioeconómico de los potenciales usuarios; la distribución horaria de viajes y la hora de máxima demanda (HMD) de las diferentes cuencas de captación; el número actual de usuarios en cada uno de los corredores en la HMD; el mapa de preferencias de atributos (valor estimado del tiempo, entre otros) de los potenciales usuarios.

En una etapa subsecuente se modelan ambos componentes de la oferta y la demanda en conjunto con las características del servicio y precio del Ferrocarril Suburbano, mediante una herramienta de asignación para el transporte público (Modelo EMME/3). Esta etapa se concretó a partir de un proceso iterativo de tres niveles en los que se iban haciendo corresponder los parámetros iniciales de modelación de la oferta y la demanda con las tendencias de movilidad así como las condiciones operativas observadas actualmente en el sistema de transporte de cada cuenca. Dicho proceso se consideró terminado una vez que los volúmenes de pasajeros, aforados en campo, en los diferentes segmentos de los corredores de cada cuenca (mapa de volúmenes) eran replicados aceptablemente luego del proceso de asignación. Finalmente, las diferentes variantes de trazado, características de servicio y precio del Ferrocarril Suburbano para cada cuenca se incorporaron a la red modelada para enseguida asignar la demanda con la herramienta de simulación y obtener la demanda de pasajeros, el número de usuarios (abordo, ascensos y descensos) para cada segmento y parada de la variante de trazado analizada.

La información base que alimentó la metodología descrita para la estimación de la demanda está constituida por los volúmenes potenciales de movimiento en la zona de influencia del proyecto que se obtuvo como resultado de la aplicación de 3,500 encuestas de origen – destino, de 1,500 encuestas de preferencias declaradas a una muestra representativa de usuarios del transporte público, así como mediante la medición de aforos de frecuencia y carga en 14 puntos de control a lo largo del corredor y la medición en campo de los niveles de servicios (tiempos de recorrido) y la utilización de capacidad de las unidades de transporte público actual<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> MEXISTRA, SYSTRA, SINTRA. Ferrocarril Suburbano del Valle de México. Sistema 2 Martín Carrera – Jardines de Morelos. Informe Final. Septiembre 2007.

Como resultado de la aplicación de la metodología, se estimó que en la zona de influencia Ecatepec, Acolman, Coacalco, Tecámac y Delegación Gustavo A. Madero se generan 1,296,439 viajes diarios y se determinó una demanda potencial del Ferrocarril Suburbano S2 de 250,000 pasajeros en día laborable y de 77.75 millones de pasajeros en el primer año de operación. Esta demanda considera como usuario potencial al que actualmente utiliza el transporte público solamente, no incluye la posible captación de pasajeros que actualmente viaja en vehículo privado.

La demanda potencial del Sistema 2 depende en gran medida de la reestructuración de las rutas actuales del transporte público que prestan el servicio en el área de influencia del Proyecto, lo que implica que buena parte de los derroteros de transporte público que hoy corren paralelos al trazo del Sistema 2 se conviertan en alimentadores de las estaciones de este nuevo sistema, ya que la demanda estimada variaría significativamente entre 86 mil pasajeros diarios, sin ninguna acción sobre la reorganización de la oferta de transporte en la zona, es decir que los derroteros actuales de transporte público seguirán operando de la misma manera y 315 mil pasajeros diarios considerando una reorganización total de la oferta de transporte en la zona.

En el estudio realizado por SYSTRA – SINTRA – MEXISTRA, se estableció como premisa una reestructuración del 70% de los derroteros de transporte público. Este porcentaje de reestructuración es el que las autoridades de transporte del Estado de México consideran factible considerando la experiencia reciente del Ferrocarril Suburbano Sistema 1 Cuautitlán-Buenavista.

Los principales parámetros de la demanda para este escenario se estima en:

**Tabla 1. Principales Aspectos de la Demanda**

Concepto	Año 1 de operación	Año 28 operación
Pasajeros al año (miles pax/año)	77,750	127,899
Pasajeros diarios (miles pax/día)	250.00	411.25
Pasajeros en la Interestación Más Cargada (miles pax/h-sentido)	13.06	21.47

Actualmente al 78% de la gente entrevistada emplean más de 60 minutos en llegar a su destino final en una dirección, pero el 40% de las personas entrevistadas emplean más de 120 minutos en llegar a su destino final en una dirección. El 42% paga entre \$10.50 pesos y \$20.00 pesos, pero un 35% pagan más de 20 pesos por viaje a su destino final en una dirección, de dónde se estima que la media de la muestra encuestada paga por el viaje en una dirección \$15.00.

La red de trenes suburbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México se ha estructurado en tres sistemas diferentes, cada uno de los cuales atiende una zona de transporte claramente definida. La primera está ubicada en el noroeste de la zona metropolitana comprende principalmente los municipios de Tlalnepantla, Cuautitlán y Atizapán. La segunda se ubica en el noreste de la ZMVM e incluye mayoritariamente los municipios de Ecatepec y Coacalco y, la tercera se ubica en el oriente de la ciudad y cubre

diversos municipios tales como Chalco, Valle de Chalco, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y La Paz. La Figura 1 muestra los tres sistemas propuestos.

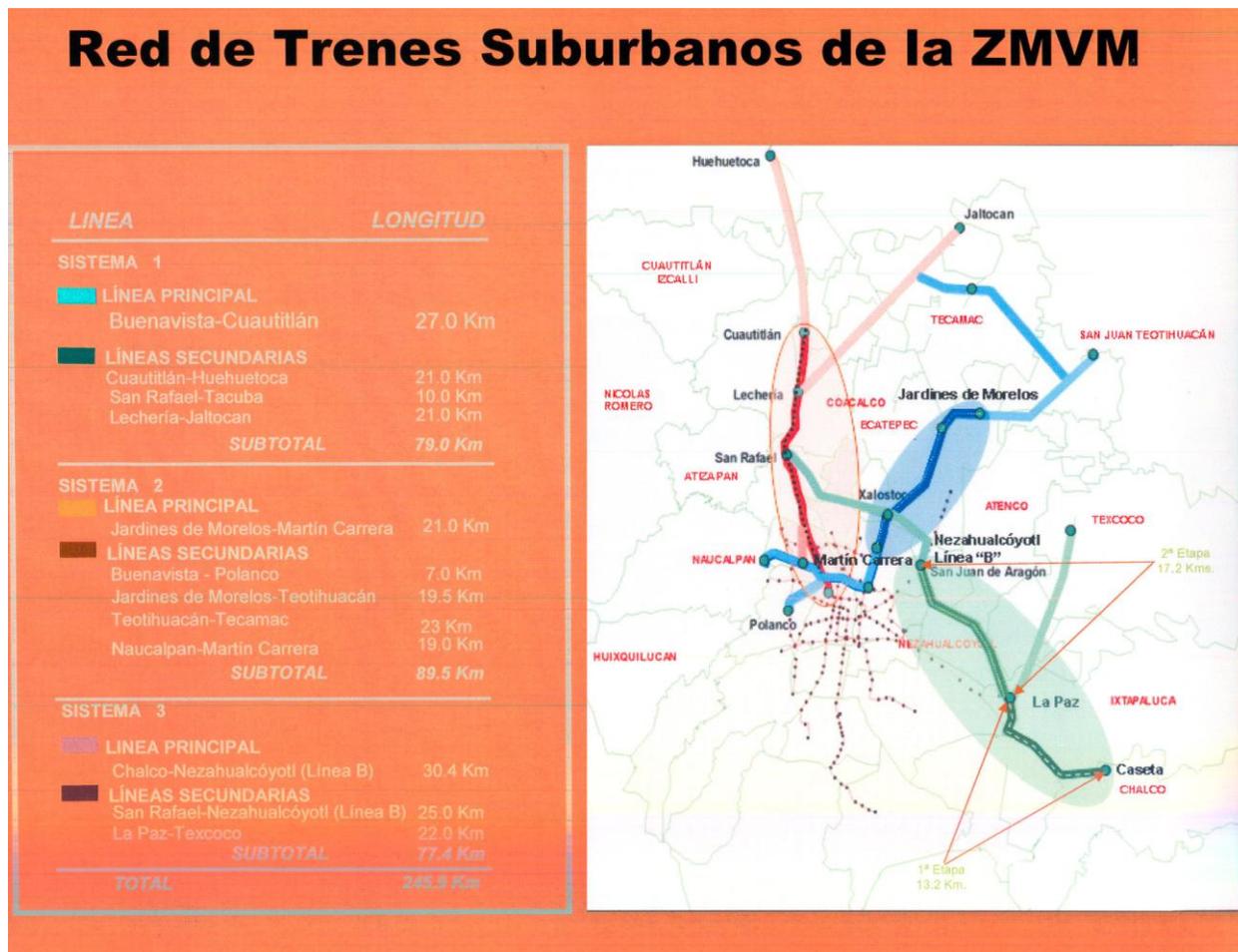
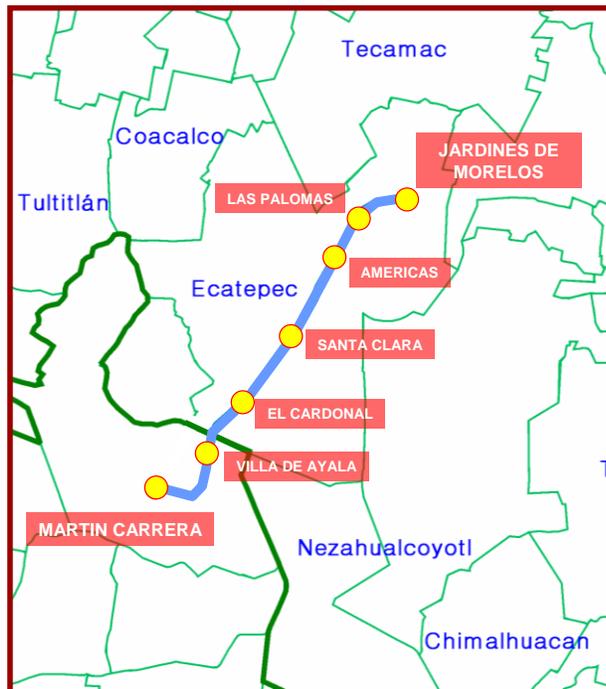


Figura 1. Red de Trenes Suburbanos de la ZMVM

El Sistema 2 como se ha definido en la red de trenes suburbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México tiene una longitud potencial de 89.5 km., desde Río Hondo en Naucalpan hasta San Juan Teotihuacán, considerando el enlace con el Sistema 1 en la vía que va de Lechería a Jaltocan. El primer tramo del Sistema 2 que se refiere a Jardines de Morelos – Martín Carrera, tendrá una longitud total de 21.09 km, donde se incluye un kilómetro para maniobras; contará con dos terminales localizadas en Martín Carrera y Jardines de Morelos y cinco estaciones intermedias: Villa de Ayala, Cardonal, Santa Clara, Américas y Palomas. Estará interconectado con el Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC-Metro) en la Estación Martín Carrera (donde habrá posibilidad de trasbordo con las líneas 4 y 6 del STC-Metro), con la línea de autobuses articulados (BRT) que correrá entre Tecámac y Ciudad Azteca, así como con el BRT entre Coacalco y las Américas.

La Línea Jardines de Morelos – Martín Carrera podrá ser ampliada en el futuro para llegar a la Terminal Buenavista y ahí interconectarse con el Sistema 1 del Ferrocarril Suburbano, la Línea B del Metro y el Metrobús Insurgentes.

El trazo propuesto del tramo Jardines de Morelos – Martín Carrera se muestra en la siguiente figura:



**Figura 2. Trazo del primer tramo del Sistema 2. Jardines de Morelos - Martín Carrera**

Se prevé que la doble vía ferroviaria opere totalmente confinada y con exclusividad para el servicio ferroviario de transporte de pasajeros.

La solución más adecuada al problema de transporte de pasajeros en la zona de influencia del Proyecto por los beneficios socioeconómicos que aportaría en ahorro en tiempo de los usuarios, en ahorro en costos de operación y mantenimiento de las unidades que prestan el servicio de transporte de pasajeros, así como ahorro en emisión de contaminantes, será mediante la implantación de un sistema de transporte masivo de alta capacidad como lo es un Ferrocarril Suburbano de alta calidad de servicio: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender la demanda presente y futura. Además la implantación de este Sistema 2 será el eje que servirá para reestructurar las líneas de transporte público que actualmente operan en la zona, lo que permitirá aliviar la problemática que presenta el paradero de Indios Verdes.

El Proyecto en estudio se refiere al primer tramo de la Etapa 1 del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México en su tramo Jardines de Morelos – Martín Carrera.

Para determinar la conveniencia, en términos socioeconómicos, de la realización del Proyecto, se procedió al cálculo de los indicadores de rentabilidad socioeconómica, mediante la identificación y cuantificación de los beneficios y costos sociales del proyecto para un horizonte económico de 30 años y con un costo económico de oportunidad de los recursos del 12% real anual (tasa social de descuento).

Los beneficios considerados son: el ahorro por la reducción de costos en la operación del transporte público, el tiempo ahorrado por los usuarios del transporte público y la contribución del Proyecto en la reducción de emisiones contaminantes. No se consideraron los ahorros por eliminación de accidentes.

**Tabla 2. Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto.**  
(Cifras en millones de pesos de 2008)

<b>Indicadores de rentabilidad</b>	
<b>Valor Presente de los Costos (VPC)</b>	<b>8,046</b>
<b>Valor Presente de los Beneficios (VPB)</b>	<b>10,418</b>
Valor Presente Reducción de Costos de Operación de Autobuses	5,812
Valor Presente del Tiempo Usuarios	4,451
Valor Presente de la Reducción Emisiones Contaminantes	156
<b>Valor Presente Neto Social (VPB)</b>	<b>2,372</b>
<b>Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)</b>	<b>16.98%</b>
<b>Relación Beneficio/Costo</b>	<b>1.29</b>
<b>Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI)</b>	<b>15.59%</b>

Los principales riesgos del proyecto y las coberturas que deben ser consideradas en un llamado a licitación para atracción de capital privado al proyecto se resumen a continuación.

- Aumento en el monto de la inversión por variaciones en tipo de cambio.
- Sobrecosto en obras y/o suministros.
- Deficiencias en la ingeniería y el diseño.
- Accesos viales, obras complementarias y terrenos.
- Costos de operación y/o mantenimiento superiores a lo estimado.
- Insuficiencia de ingresos del ferrocarril suburbano.

Identificados estos riesgos se tomarán las medidas necesarias para que no impacten en la ejecución del proyecto, como se explica en el punto 6 de Riesgos.

## ***II. Situación sin Proyecto y posibles soluciones***

### ***a. Diagnóstico***

De los estudios realizados en campo se desprenden los siguientes comentarios:

**Demanda.** El Sistema 2, en su tramo de Martín Carrera a Jardines de Morelos atraviesa el municipio con mayor población de la ZMVM, que es Ecatepec (1.7 millones de habitantes aproximadamente) y una parte de la delegación Gustavo A. Madero (1.2 millones de habitantes aproximadamente), corredor en el que se generan 1,296,439 viajes diarios, obtenidos de las observaciones del estudio de frecuencia de paso y carga, que son atendidos mediante unidades de baja capacidad del tipo microbús, autobús y combi, que además prestan un servicio de baja calidad (inseguro, lento, poco confiable, poco accesible, poco eficiente y contaminante), lo que representa un deterioro en la calidad de vida para el público usuario.

Actualmente al 78% de la gente entrevistada emplean más de 60 minutos en llegar a su destino final en una dirección, pero el 40% de las personas entrevistadas emplean más de 120 minutos en llegar a su destino final en una dirección. El 42% paga entre \$10.50 pesos y \$20.00 pesos, pero un 35% pagan más de 20 pesos por viaje a su destino final en una dirección, de dónde se estima que la media de la muestra encuestada paga por el viaje en una dirección \$15.00.

**Vialidad.** En la zona de estudio se tiene que la vialidad por donde circula el transporte público está en muy mal estado de conservación, las vialidades que presentan mayores daños en su superficie, son la Vía Morelos, la Av. Hank González y Av. Adolfo López Mateos. La Autopista México – Pachuca es la única que se encuentra en buen estado.

Las vialidades que confluyen a los Municipios de Acolman, Coacalco, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temascalapa y Teotihuacán, presentan un mayor estado de deterioro, ya que estas tienen condiciones regionales carentes de urbanización en gran parte de sus centros municipales, así mismo estas vialidades son angostas, lo que ocasiona que existan grandes congestionamientos en los centros urbanos, con las consecuencias nocivas asociadas.

**Oferta de Transporte.** Los vehículos que prestan el servicio dentro de la zona de estudio tienen 10 o más años de antigüedad y corresponden a unidades de baja capacidad del tipo microbús, autobús y combi.

En general el servicio prestado por este tipo de transporte en la zona de influencia del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM es de baja calidad (inseguro, lento, poco confiable, poco accesible, poco eficiente y contaminante), lo que representa un deterioro en la calidad de vida para el público usuario.

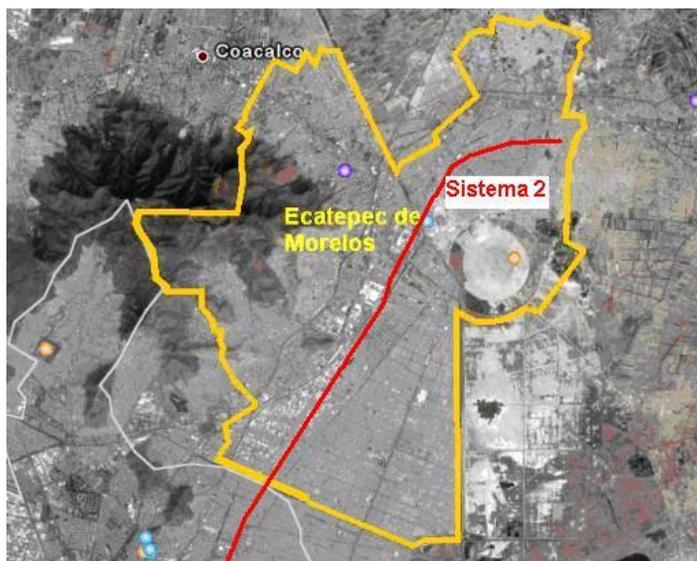
La problemática en la zona es la ineficiencia del transporte y no la insuficiencia del mismo, ya que al existir una mayor oferta de transporte asociada a una mala infraestructura ocasiona

congestionamientos, mayor contaminación y un excesivo tiempo de transporte de los usuarios.

### **Municipio de Ecatepec**

El Sistema 2, en su tramo de Jardines de Morelos a Martín Carrera atraviesa el municipio con mayor población de la ZMVM, que es Ecatepec (donde se ubica un 80% de la longitud del proyecto) y parte de la delegación Gustavo A. Madero.

El Municipio de Ecatepec de Morelos se localiza en la porción nororiente del Estado de México y colinda con los Municipios de Acolman, Atenco, Coacalco, Jaltenco, Nezahualcóyotl, Tecámac, Tlalnepantla y Texcoco del Estado de México y con la Delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal. La superficie aproximada del Municipio de Ecatepec de Morelos es 1,860,000 hectáreas.



**Figura 3. Municipio de Ecatepec de Morelos**

**Población y vivienda.** De acuerdo a los resultados que presentó el II Censo de Población y Vivienda el municipio de Ecatepec cuenta con un total de 1,688,258 de habitantes, que tienen un grado promedio de escolaridad de 9.03 años de estudio<sup>2</sup>.

En el Municipio hay 442,720 viviendas, de las cuales 389,486 están habitadas. El promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas es de 4.33 personas<sup>3</sup>.

Cabe señalar que las obras de infraestructura construidas por los gobiernos federal, estatal y municipal, así como los programas en proceso de desarrollo de importantes zonas habitacionales han hecho del municipio un polo de atracción poblacional, lo que también ha

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. II Censo de Población y Vivienda 2005. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) . Principales resultados por localidad

<sup>3</sup> INEGI, Ídem

propiciado el surgimiento de diversos asentamientos irregulares. La población en el Municipio en el año 2000 ascendió a 1,622,697 habitantes<sup>4</sup>.

**Infraestructura Ferroviaria Existente.** Esta conformada por el paso del ferrocarril México - Veracruz que atraviesa el municipio en el sentido sur-norte con dos líneas paralelas hasta el km. 25 y se desvía posteriormente al oriente al llegar a Jardines de Morelos.

El Ferrocarril y Terminal del Valle de México (Ferrovalle) es el concesionario de las instalaciones ferroviarias en la Zona Metropolitana del Valle de México desde 1998, presta servicios de interconexión y de terminal, así como servicio multimodal.

Cuenta con más de 800 km de vías, talleres, varios patios de clasificación (uno de ellos automático), y amplias facilidades de trasvase, terminal de contenedores, etc. Ferrovalle opera la interfaz física del servicio con los clientes de los diferentes Ferrocarriles y, a través de derechos de paso, facilita el manejo de trenes unitarios o conformados con lotes de carros consolidados, a partir de o con destino a sus patios.

La Vía S de carga y el Sistema 2 no tendrían puntos de intersección, ya que se instalarían vías expresamente dedicadas para el servicio de pasajeros. En forma general, el derecho de vía que utilizarán conjuntamente el Sistema 2 y los trenes de carga es amplio y suficiente para permitir la construcción de 4 vías, es decir que, en caso de que se requiera, se podrá construir una segunda vía para el servicio de carga.

**Infraestructura Vial. Sistema Carretero**

- Autopista México – Pachuca
- Autopista Ecatepec – Pirámides
- Carretera Federal libre a Pachuca
- Carretera Federal México – Texcoco – Lechería
- Autopista Circuito Exterior Mexiquense

**Infraestructura Vial. Vialidades Primarias en dirección Norte – Sur:**

- La Vía Morelos
- La Av. Central

Y en dirección Oriente – Poniente:

- La Vía López Portillo
- Vía Federal Lechería – Texcoco
- El Periférico (Arco Norte)

La Autopista México – Pachuca y el Gran Canal del Desagüe representan importantes barreras físicas para las vialidades que corren de oriente a poniente en la zona de captación del Sistema 2, por lo que aunado a la reestructuración de las rutas de transporte público que prestan servicio en la zona, se tendrían que adecuar cruces para salvar estas barreras físicas.

---

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

**Sistema de Transporte Público de Pasajeros.** El servicio de transporte público de pasajeros está conformado por autobuses, microbuses y combis, mismos que además de satisfacer una apreciable demanda de movilidad interna del norte de la Zona Metropolitana del Valle de México, llevan a los pasajeros esencialmente a las Terminales del Metro en Indios Verdes, Martín Carrera y Ciudad Azteca en una proporción del 70%, 17% y del 13% respectivamente, según datos obtenidos de las encuestas y conteos realizados.

**Transporte Foráneo.** El municipio es atravesado por las autopistas México – Pachuca, y Ecatepec – Pirámides y el Circuito Exterior Mexiquense, por las cuales circulan poco más de 3,000 unidades por día con destinos en otras entidades.

**Transporte Suburbano.** El municipio tiene una infraestructura que comunica al territorio con otros municipios vecinos y con el Distrito Federal, como son: la Vía Morelos, la Vía López Portillo, la carretera federal México - Pachuca, la carretera Lechería - Los Reyes y la Autopista México - Pachuca, con orígenes y destinos en otros municipios y entidades. Para ello el servicio se presta con autobuses, microbuses y combis.

**Transporte Masivo.** El Plan Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Ecatepec indica que el transporte masivo está compuesto únicamente por la línea B del Sistema de Transporte Colectivo Metro, que va de Ciudad Azteca en el Estado de México a Buenavista en el Distrito Federal.

## **Actividad Económica**

**Agricultura.** El municipio cuenta con 10,609 hectáreas de terrenos cultivables, de las cuales 6,018 son de temporal y 4,591 de riego; se produce principalmente alfalfa, maíz, cebada, remolacha y trigo.

**Ganadería.** Es de menor importancia dentro de las actividades económicas. El último Censo Agrícola registró un total aproximado de 18,954 cabezas de ganado vacuno, lanar, porcino, equino y caprino, y se considera que en el lapso transcurrido esta producción representa por lo menos el 15% del valor de los productos corrientes, los que valen aproximadamente 92 millones de pesos.

**Comercio.** Se cuenta con una central de abastos, tiendas de autoservicio, mercados, tianguis y concentraciones, así como pequeños comercios (tiendas de abarrotes y papelerías etc.).

**Industria.** Por el número de industrias (más de 1,550), medianas y pequeñas, el municipio ocupa el 4° lugar de los municipios más industrializados del país; se cuenta principalmente con fábricas de hierro, productos químicos, muebles, textiles, hidroeléctrica y otras de diversa actividad en este ramo.

**Características del parque vehicular.** El 70% del parque vehicular está integrado por unidades de baja capacidad (combis, microbuses y taxis), que trasladan a la población a elevados costos; circulan sobre un sistema vial centralizado, desarticulado y congestionado.

En el municipio persiste un desordenado incremento en el número de unidades y rutas, propiciado principalmente por la prestación del servicio en forma irregular, especialmente en combis, microbuses y taxis.

### **Delegación Gustavo A. Madero**

La Delegación Gustavo A. Madero se ubica en el extremo noreste del Distrito Federal; ocupa una posición estratégica con respecto a varios municipios conurbados del Estado de México, (Tlalnepantla, Tultitlán, Ecatepec y Nezahualcóyotl); ya que la cruzan importantes arterias que conectan la zona central con la zona norte del área metropolitana, tales como son: Av. Insurgentes Norte, que se prolonga hasta la Autopista México Pachuca, el Eje 3 Oriente (Av. Ing. Eduardo Molina) que se enlaza con el Río de los Remedios (Periférico Norte), el Eje 5 Norte (Calz. San Juan de Aragón); que conecta con la Av. Hank González o Av. Central; al sur: colinda con las delegaciones Cuauhtémoc y Venustiano Carranza.



**Figura 4. Delegación Gustavo A. Madero**

**Población y vivienda.** La delegación Gustavo A. Madero tiene una población de 1'193,161 habitantes, que tienen un grado promedio de escolaridad de 9.87 años de estudio.<sup>5</sup>

En la Delegación hay 331,820 viviendas, de las cuales 304,335 están habitadas. El promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas es de 3.88 personas<sup>6</sup>.

La Delegación presenta una tendencia a perder población residente, ya que para el 2000 ascendía a 1,235,542 habitantes<sup>7</sup>, lo que confirma la tendencia que a mostrado a partir de 1990. De acuerdo con los Tabulados Básicos del INEGI de 1990 a 1995 y de 1995 a 2000, la Delegación perdió 11,155 y 21,371 habitantes respectivamente.

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. II Censo de Población y Vivienda 2005. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) . Principales resultados por localidad

<sup>6</sup> INEGI, Ídem

<sup>7</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

**Infraestructura Ferroviaria.** Dentro de la delegación existen varios tramos de vías ferroviarias que sirven a la industria, sin embargo, la más importante es la vía “YH” que se encuentra con importantes invasiones en el derecho de vía, lo que, si bien dificulta llegar a la estación de Buenavista, próxima al centro de la ciudad de México, resulta ser un gran atractivo para la ampliación futura de esta línea.

**Infraestructura Vial.** Existe poca comunicación vial de esta delegación con el municipio de Ecatepec, tan solo la Av. Hank González o Av. Central que comunica la zona de Aragón con el municipio de Ecatepec, la Av. Congreso de la Unión que continúa por la Vía Morelos hacia el norte, y la Av. de los Insurgentes Norte que se convierte en la Autopista 85 a Pachuca. La Autopista México – Pachuca y el Gran Canal del Desagüe representan barreras físicas para las vialidades que corren de oriente a poniente

**Transporte Masivo.** En esta delegación existen 5 líneas del metro destacando los paraderos de Indios Verdes y Martín Carrera como importantes centros de transferencia con otros medios de transporte hacia los municipios conurbados del norte de la zona metropolitana.

**Transporte Público de Pasajeros.** Servicio Foráneo. En esta delegación se encuentra la Terminal de Autobuses del Norte, donde arriba el transporte foráneo de pasajeros proveniente del norte del país. El Servicio de Transporte Público Urbano está integrado por:

- Sistema de Transporte Colectivo Metro
- Sistema de Autotransporte Urbano de Pasajeros de RTP (Ex Ruta 100)
- Sistema de Transportes Eléctricos
- Sistema de Transporte de Pasajeros en base a Micros y Combis

**Actividad Económica.** De acuerdo con la información proporcionada por el INEGI en los Censos Industrial, Comercial y de Servicios de 1999, la actividad preponderante en Gustavo A. Madero en cuanto al número de establecimientos, es el comercio con 21,101 unidades económicas censadas, en las que laboraban 50,903 personas dedicadas principalmente al comercio al por menor, actividad a la que pertenecen casi 94% de los establecimientos y 78% del personal ocupado.

Fueron censados en el sector servicios 15,109 establecimientos que ocupaban 56,722 personas de las cuales 18.8% trabajaba en el subsector restaurantes y hoteles, 25.7% en el subsector de servicios educativos, 18.45% en servicios de reparación y mantenimiento y 25.1% en servicios profesionales.

Fueron censados en el rubro de la industria manufacturera 3,862 establecimientos en los que laboraban 43,718 personas, predominando el subsector de productos metálicos, maquinaria y equipo con 33.7% de las personas ocupadas y el subsector de productos alimenticios, bebidas y tabaco con 36.5% de los establecimientos y 21.1% del personal ocupado.

### **Otros municipios**

Otros municipios que están en la zona de influencia del proyecto son los siguientes:

### Coacalco de Berriozábal

El municipio de Coacalco de Berriozábal se localiza en la parte norte central del Estado de México, limita al norte con Tultitlán, al sur con Ecatepec y el Distrito Federal, al oriente con Ecatepec y al poniente con Tultitlán. Las coordenadas de localización: Latitud norte 19° 37' 16" y latitud oeste 99° 05'; la distancia aproximada a la capital del Estado es de 85 km.



Figura 5. Municipio de Coacalco de Berriozábal

**Población y vivienda.** Coacalco de Berriozábal cuenta con un total de 285,943 habitantes según el II Censo de Población y Vivienda, que tienen un grado promedio de escolaridad de 10.54 años de estudio<sup>8</sup>.

En el Municipio hay 91,569 viviendas, de las cuales 73,931 están habitadas. El promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas es de 3.87 personas<sup>9</sup>.

En el municipio de Coacalco se ha dado un rápido crecimiento poblacional en los últimos años debido principalmente a su cercanía con el Distrito Federal, que ha propiciado la creación de unidades habitacionales. El Municipio contaba con 252,555 habitantes en el año 2000<sup>10</sup>

### Actividad Económica.<sup>11</sup>

Agricultura y Ganadería. En relación a estas actividades, algunas familias originarias de Coacalco continúan practicándolas, en su mayoría están relacionadas a la producción de

<sup>8</sup> INEGI, ídem.

<sup>9</sup> INEGI, ídem

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>11</sup> Los datos para los municipios de Acolman, Tecámac y Coacalco fueron obtenidos de la pagina web <http://www.e-local.gob.mx> Enciclopedia de los Municipios de México

leche. Por supuesto cada vez son menos los que se dedican a estas actividades. De los ranchos de gran producción lechera sólo queda el Rancho San Pedro. El Rancho la Palma cambió sus instalaciones a otro municipio del estado de México.

Industria. En el caso de este rubro, en el municipio no existe una zona industrial, sólo el 0.7% del territorio es ocupado por este sector, y se distribuye de la siguiente manera.

Comercio y servicios. El comercio y los servicios son la especialización de la actividad económica del municipio. La tasa de crecimiento anual para el comercio es de 15.76% y de servicios de 16.43%.

Turismo. En el municipio no existe desarrollo turístico. A últimas fechas se está trabajando por crear un parque turístico en la sierra de Guadalupe.

**Vialidades.** La vialidad de mayor importancia es la Vía López Portillo que comunica a Coacalco con Ecatepec y con la carretera México – Texcoco hacia el lado oriente y, por el lado poniente comunica con Tultitlán, con la autopista México Querétaro y con el periférico de la Ciudad de México. Las demás vialidades son de tipo secundario.

## Tecámac

El municipio de Tecámac se localiza en la parte nororiente de la capital del estado de México y al norte del Distrito Federal, en la región conocida como el Valle de México, sus coordenadas son 19° 43' latitud norte y 98° 58' de longitud oeste, a una altura de 2,340 sobre el nivel del mar. Limita al norte con el estado de Hidalgo y Temascalapa, al sur con Ecatepec, Acolman y Coacalco, al oeste con Zumpango, Nextlalpan, Jaltenco, Tultitlán y Coacalco al oeste con Temascalapa y Teotihuacán. Su distancia aproximada con la capital del estado es de 100 kilómetros.



**Figura 6. Municipio de Tecámac**

Extensión: El municipio de Tecámac posee una extensión territorial de 153.41 kilómetros cuadrados y el porcentaje que representa respecto a la superficie del estado es del 0.68 %.

**Población y vivienda.** De acuerdo a los resultados que presentó el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 270,574 habitantes, que tienen un grado promedio de escolaridad de 9.26 años de estudio<sup>12</sup>.

Es importante señalar el rápido crecimiento poblacional que ha tenido el Municipio, ya que para el año 2000, de acuerdo con los resultados del Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, existían en el municipio un total de 172,813 habitantes<sup>13</sup>

En el Municipio hay 92,915 viviendas, de las cuales 66,779 están habitadas. El promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas es de 4.05 personas<sup>14</sup>.

**Vialidades.** La principal vía de comunicación del municipio es la carretera federal No. 85, vía México - Pachuca libre y de cuota, que atraviesan prácticamente al municipio de sur a norte. Todas las comunidades están conectadas por caminos vecinales, casi todos ya pavimentados. El sistema de transporte consiste en líneas de autobuses, microbuses, combis y taxis.

**Actividad Económica<sup>15</sup>.** Las principales actividades económicas que se desarrollan en el municipio conforme a los distintos sectores productivos son:

En lo que se refiere al comercio cuenta con una diversidad y mayor número de giros comerciales, alimenticios, siguiendo en cantidad los giros no alimenticios. Respecto a establecimientos llamados puestos fijos y semifijos en la vía pública, desafortunadamente se han concentrado en la cabecera municipal.

Industria, hasta la fecha no se ha consolidado un complejo industrial, pero existen alrededor de 43 industrias. El proyecto de la zona industrial a futuro, varía en la parte norte del municipio. Entre las industrias establecidas destacan por su importancia, las siguientes: Energizer, fábrica piezas metálicas para la industria; y Embotelladora Metropolitana (Pepsi) que produce gaseosas.

Agricultura. Las actividades agrícolas en Tecámac, cada día van siendo menos significativas, debido en parte a la falta de apoyos al campo y otro debido a la falta de conciencia de los ejidatarios, al vender sus tierras para la creación de asentamientos humanos irregulares, o el abandono de las mismas.

Ganadería. Al igual que la agricultura, debido a la falta de un proyecto bien definido en la materia la ganadería en Tecámac va siendo menos productiva no obstante, ser el territorio es apto para la práctica de la agricultura y la ganadería.

---

<sup>12</sup> INEGI, Ídem

<sup>13</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>14</sup> INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005. Ídem

<sup>15</sup> Los datos para los municipios de Acolman, Tecámac y Coacalco fueron obtenidos de la pagina web <http://www.e-local.gob.mx> Enciclopedia de los Municipios de México

Servicios. Son pocos los servicios que se ofrecen dentro del territorio, tan sólo se cuenta con dos hoteles, algunos restaurantes de buen nivel y algunas agencias de viajes. En el aspecto turístico hace falta programas adecuados para explotar lo poco que se tiene de infraestructura turística.

Las actividades económicas del municipio, se distribuyen de la siguiente forma: sector primario (agricultura y ganadería) 20%, sector secundario (industria, minería, talleres de maquila) 35%, sector terciario (comercio y servicios) 45%.

## Acolman

Se localiza al noreste de la porción meridional del Distrito Federal. La altitud en la cabecera del municipio alcanza 2,250 msnm. Colinda al norte con los municipios de Tecámac y Teotihuacán, al sur con los municipios de Atenco, Tezoyuca, Chiautla y Tepetlaoxtoc; al este con los municipios de Teotihuacán y Tepetlaoxtoc y al oeste con los municipios de Tecámac y Ecatepec. Las coordenadas geográficas de la cabecera municipal se ubican entre los paralelos 19° 38' 00" de latitud norte, y 98°55'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.



**Figura 7. Municipio de Acolman**

Extensión: Tiene una superficie de 86.88 kilómetros cuadrados, que representan el 0.41 por ciento del total estatal.

**Población y vivienda.** El municipio tiene una población de 77,035 habitantes<sup>16</sup>, según el II Censo de Población y Vivienda en el 2005 del INEGI, que tienen un grado promedio de escolaridad de 8.76 años de estudio.

Hay que señalar que para el año 2000, de acuerdo con los resultados del Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, para entonces existían en el municipio un total de 61,250 habitantes<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005. Ídem

<sup>17</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

En el Municipio hay 25,169 viviendas, de las cuales 17,449 están habitadas. El promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas es de 4.26 personas<sup>18</sup>.

**Vialidades.** El municipio se encuentra comunicado por la autopista federal México-Pirámides y la carretera federal México-Texcoco. La vía férrea que cruza el municipio es la México-Veracruz y permite conectarse con el municipio de San Martín Teotihuacán, lugar donde se asientan las Pirámides de Teotihuacán, que en un futuro será una zona que podrá ser atendida con el Tren Suburbano.

### **Actividad Económica<sup>19</sup>.**

**Agricultura.** Los principales cultivos son: cebada, maíz, sorgo, trigo, maguey, chícharo, frijol, haba, pepino, tomate, zanahoria, alfalfa, avena y haba. Para la producción de los diferentes productos agrícolas, el municipio cuenta con un total de 3,738 hectáreas, de las cuales 1,471 son de riego y 2,267 de temporal.

**Fruticultura.** Entre los árboles frutales se cuenta con: capulín, durazno, pera, higo, ciruela, zapote blanco, granada, breva, tejocote y chabacano.

**Ganadería.** Se cría ganado bovino, porcino, equino y caprino, de los cuales en 1991 se tenían un total de 12,671 especies, destacando por su importancia las siguientes: 2,151 bovinos, 3,401 porcinos y 4,909 ovinos.

**Avicultura.** Se crían aves particularmente de corral: aves de postura y engorda, así como pavo. De las cuales en 1991 se contaba con 123,720 especies.

**Industria.** Es la segunda actividad económica de importancia en el municipio. Los principales giros industriales son: Producción de alimentos, bebidas y tabaco, prendas de vestir e industria del cuero. Se está dando impulso a la pequeña industria para aumentar el número de empleo en la industria del vestido, zapato y panadería.

**Minería.** En Acolman existen minas de las cuales se extrae cantera, cascajo y tepetate. Las minas de cantera están ubicadas en San Pedro Tepetitlán y Xometla; las de cascajo se encuentran en el cerro de Tlahuilco el cual se localiza entre los pueblos de Santa Catarina y Totolcingo. También existen algunos yacimientos de oro, plata, cobre, cuarzo y mercurio sin explotar.

**Turismo.** Sobresale la zona arqueológica de Tepexpan, ubicada en el lugar exacto del hallazgo de los restos fósiles del Hombre de Tepexpan; así como el convento de San Agustín de Acolman, construido por los agustinos entre los años 1539 y 1560 y el templo de San Miguel.

---

<sup>18</sup> INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005. Ídem

<sup>19</sup> Los datos para los municipios de Acolman, Tecámac y Coacalco fueron obtenidos de la página web <http://www.e-local.gob.mx> Enciclopedia de los Municipios de México

Comercio. En cuanto al comercio, el total de establecimientos se dedican a la venta de bienes de consumo básico, entre los que se encuentran: Misceláneas, carnicerías, molinos para nixtamal, recauderías, abarrotes, entre otros.

Servicios. En el territorio existen establecimientos que se dedican a reparación de automóviles, aparatos eléctricos y bicicletas; hay también vulcanizadoras, gasolineras, imprentas, talleres de fundición, de herrería y de costura, entre otros.

## **Problemática**

Todo lo expresado anteriormente se puede resumir diciendo:

- Carencia de un sistema de transporte masivo capaz de atender la demanda que se presenta en las horas de máxima demanda lo que deja insatisfecha la demanda.
- Vialidades insuficientes, estrechas y en mal estado de conservación, lo que ocasiona severos congestionamientos y pérdidas de tiempo para los usuarios.
- Vehículos utilizados para el transporte público con mas de 10 años de antigüedad, de baja capacidad de transporte y en mal estado de conservación, ocasionando fuertes niveles de contaminación.
- Existencia de transporte irregular, propiciando el servicio de transporte no seguro.

Como consecuencia el transporte público en esta zona, se caracteriza por ser de baja calidad (inseguro, lento, poco confiable, poco accesible, poco eficiente y contaminante), lo que representa un deterioro en la calidad de vida para el público usuario.

### ***b. Solución optimizada a la problemática actual***

Ante la problemática existente del servicio de transporte público que actualmente se brinda en la zona de influencia del proyecto del Ferrocarril Suburbano Sistema 2 de la ZMVM, de no llevarse acabo el proyecto, se pueden emprender acciones para mejorar la operación y administración logrando que los servicios sean más ordenados.

Estas acciones de optimización de los servicios de transporte público actual requieren de la concurrencia de los 3 principales actores que intervienen : las autoridades, , los concesionarios y los usuarios.

Las autoridades relacionadas con el transporte público, deberán realizar las siguientes acciones con el fin de optimizar el sistema:

- Concluir la regularización de las concesiones actuales.
- Establecer una mejor reglamentación para tener control del sistema de transporte.
- Mejorar la supervisión de la prestación del servicio.
- Implementar paraderos y paradas así como su reglamentación.
- Control sobre las unidades y su estado mecánico con el fin de que generen una menor emisión de contaminantes.
- Eliminar la competencia desleal

- Reordenar el número de unidades a los requerimientos de la demanda.
- Implementar una mayor seguridad a bordo de las unidades.

Con lo anterior se obtiene lo siguiente:

- ❖ Reducir el número de unidades sobre las vialidades.
- ❖ Mejores condiciones de trabajo para los operadores.
- ❖ Eliminación de las rutas pirata.
- ❖ Mejorar la infraestructura urbana.
- ❖ Mejor reglamentación en el transporte.
- ❖ Mejorar la seguridad en el transporte.
- ❖ Mejores condiciones al prestar el servicio.
- ❖ Menor emisión de contaminantes.

Los concesionarios deberán realizar las siguientes acciones con el fin de optimizar el sistema:

- Cambio de unidades por otras más recientes y sus unidades de baja capacidad a unidades de mayor capacidad.
- Retiro de unidades.
- Mayor mantenimiento a sus unidades con el fin de reducir las emisiones contaminantes.
- Capacitación con mayor calidad a los operadores.
- Respetar la reglamentación referente a paraderos y paradas.

Con lo anterior se obtiene lo siguiente:

- ❖ Mayor capacidad de transporte.
- ❖ Menor número de unidades.
- ❖ Menor emisión de contaminantes.
- ❖ Mejor servicio.
- ❖ Mejor circulación vial.

Los usuarios deberán ser el elemento que respete las acciones implementadas con el fin de optimizar el sistema:

- Respetar las paradas exclusivas.

Con lo anterior se obtiene lo siguiente:

- ❖ Mejorar la eficiencia en el servicio
- ❖ Mejor circulación vial.

Las acciones anteriores inciden en forma marginal en el mejoramiento en el servicio de transporte público y en la reducción de emisiones contaminantes, debido a la capacidad limitada de transporte de estas unidades y a la capacidad limitada de la infraestructura vial actual, por lo que la demanda seguiría insatisfecha (atendida ineficientemente) por un

transporte público de baja calidad, lento y poco confiable, lo que significa mantener el deterioro en la calidad de vida para el público usuario.

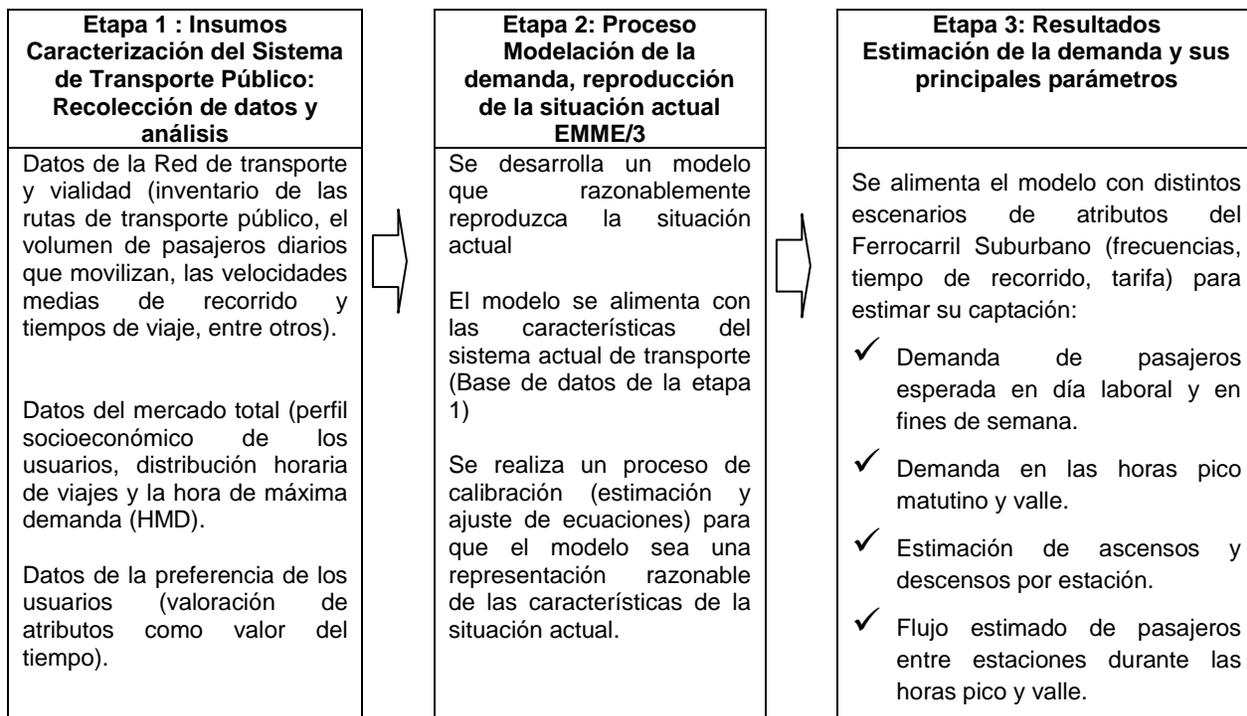
El Proyecto pretende resolver esta problemática, al ofrecer un servicio de transporte masivo de alta calidad: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender una demanda superior a 13,000 pasajeros/hora-sentido y un volumen de pasajeros por día superior a 250,000 que disminuiría significativamente el tiempo de transporte de los usuarios.

### **c. Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto**

El objetivo fundamental del estudio de demanda del proyecto fue la estimación del número de pasajeros que utilizarán, con una probabilidad razonable y durante el horizonte previsto de la concesión el Ferrocarril Suburbano del Sistema 2, tomando como base la configuración de trazo y ubicación de estaciones definidas. Para determinar la demanda se aplicó una metodología que a continuación se explica.

#### **Metodología**

Para determinar la demanda se aplica una metodología que considera: (i) las características de la demanda y oferta de transporte público existentes en la zona de influencia del Proyecto así como las preferencia de los usuarios; (ii) técnicas avanzadas de modelación que evalúa las alternativas disponibles de los modos de transporte, incluyendo los atributos del ferrocarril suburbano y; (iii) como resultado de la interacción de la información y las técnicas de modelación, se estima la demanda del Tren Suburbano Sistema 2 en el tramo de Jardines de Morelos a Martín Carrera.



## Figura 8.- Metodología

A continuación se describe cada una de las etapas de la metodología.

### Etapa 1: Caracterización del sistema de transporte público actual

La metodología involucra en primer lugar la caracterización del sistema de transporte público actual (oferta y demanda), que opera en el área de influencia del Proyecto, definida ésta por los municipios de Ecatepec, Coacalco, Tecámac y la Delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal.

Este diagnóstico de la operación actual consiste en representar por el lado de la oferta, la compleja red actual de rutas y vialidades a través de corredores de transporte en los que se asume se desplaza actualmente el mercado potencial de usuarios más representativo del ferrocarril suburbano (viajes de largo y mediano recorrido). La caracterización de la oferta consiste en realizar un inventario de las rutas de transporte público, el volumen de pasajeros diarios que movilizan, las velocidades medias de recorrido, longitudes y tiempos de viaje, entre otros. Esta caracterización se describe más adelante en la sección Análisis de la Oferta.

- Por el lado de la demanda, se determinan las características socioeconómicas y los patrones de viajes de los usuarios (origen, destino, modo de transporte, tiempo de viaje, tarifa pagada, valor del tiempo, entre otros), a través del procesamiento y análisis de la información documental y de campo recopilada para el Proyecto mediante encuestas que fueron realizadas en el corredor de estudio, es decir en la zona urbana ubicada principalmente entre la delegación Gustavo A. Madero y el municipio de Ecatepec.

### Etapa 2: Modelación de la Demanda: Reproducción de la Situación Actual y Calibración del Modelo

A partir del análisis de la operación del servicio de transporte público actual se obtienen los elementos que permiten realizar la asignación de demanda al proyecto a través de la estructuración de un modelo de transporte. En primer término, se alimentan al modelo las diferentes características del sistema actual de transporte (Base de Datos) y posteriormente, mediante un proceso de calibración (estimación y ajuste de ecuaciones), se busca que el modelo sea una representación razonable de las características de la situación actual.

Para el caso específico del estudio de demanda del Sistema 2 del ferrocarril suburbano, se calibró en el EMME/3 la operación actual (año 2007) del sistema de transporte público en el área de influencia del proyecto, de tal forma que se replicaran las características tanto de la oferta de transporte como de los usuarios que hacen uso de la misma, que se obtuvieron en los trabajos de campo de la Etapa 1.

Es conveniente mencionar que el EMME/3 es un sistema de simulación orientado a la planificación de transporte multimodal urbano y regional. Ofrece al planificador un conjunto

de herramientas detallado y flexible para el análisis y modelación de la demanda, así como para el análisis y evaluación de redes.

### Etapa 3: Estimación de la Demanda del Ferrocarril Suburbano

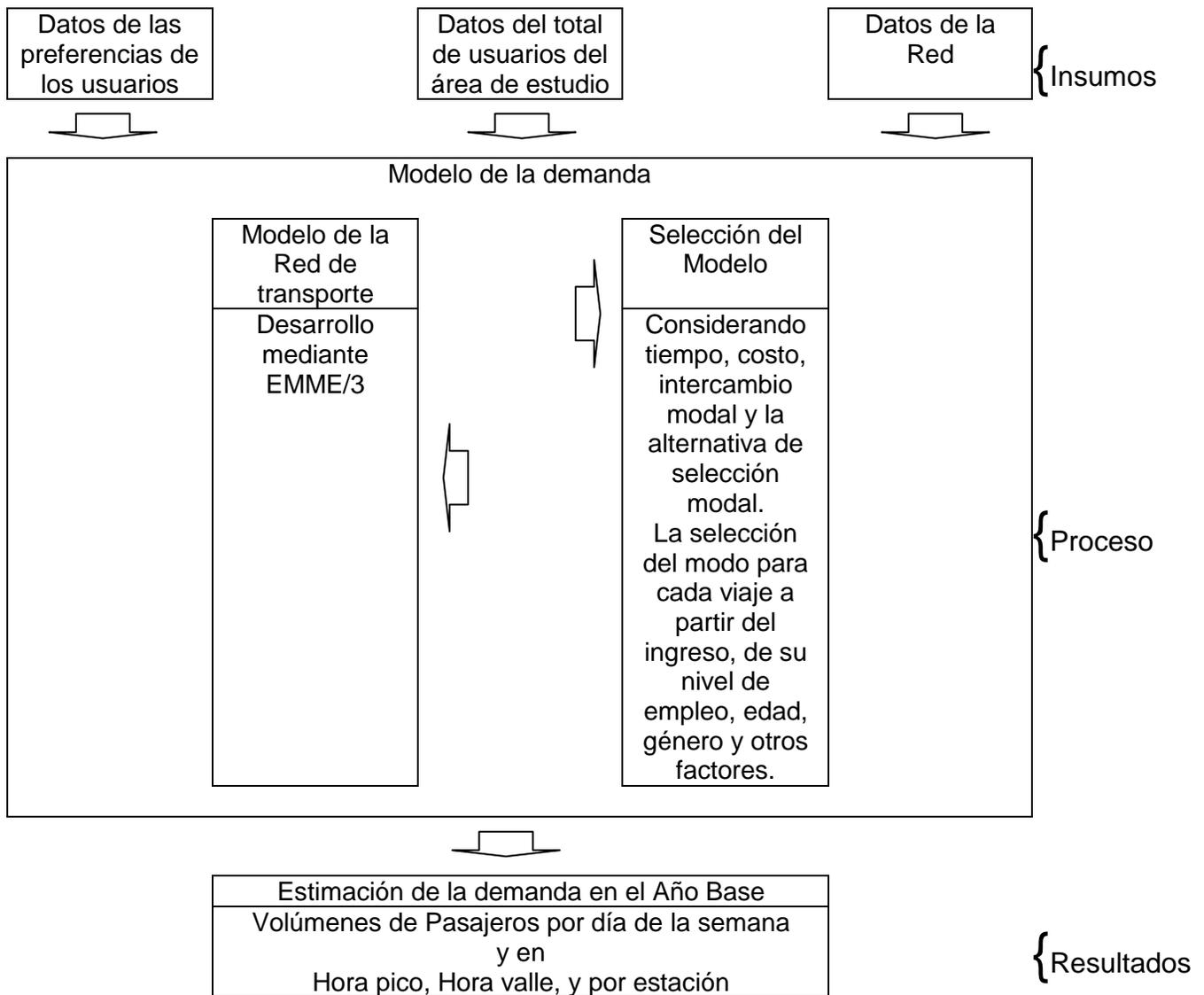
Finalmente, una vez que se cuenta con un modelo representativo de la realidad actual, se plantean distintos escenarios sobre los principales atributos que ofrece el Ferrocarril Suburbano tales como variantes de trazo, de características de servicio (tiempo de viaje, frecuencia, confort) y de tarifa. Cada escenario se compara con los atributos que ofrecen los otros modos de transporte para enseguida asignar la demanda entre ellos, mediante la herramienta de simulación (EMME/3), y así obtener la demanda de pasajeros del Ferrocarril Suburbano.

El modelo de la demanda proporciona:

- Demanda anual de pasajeros durante el periodo del proyecto.
- Demanda esperada en día laboral y en fines de semana.
- Demanda en las horas pico matutino, pico vespertina y valle.
- Estimaciones de ascenso y descensos por estación.
- Flujo estimado de pasajeros entre estaciones durante las horas pico matutina, pico vespertina y valle.

Cabe señalar que los atributos que ofrece el Ferrocarril Suburbano corresponden a las variables de política (características de servicio en cuanto a tiempo de viaje, frecuencia, confort y tarifa) que inciden en la competitividad de este modo de transporte y que por tanto definen su captación de pasajeros.

La interacción de los diferentes componentes de la metodología se presenta a continuación:



**Figura 9.- interacción de los diferentes componentes de la metodología**

La estimación de la demanda para el período de vigencia de la concesión (30 años a partir de su otorgamiento) toma en cuenta la demanda del año base (2007) que resulta del modelo EMME/3 y una tasa de crecimiento anual, conforme a la siguiente ecuación:

$$D_{fn} = D_o * (1+r)^{Exp(n-1)},$$

Donde:

n = número de años.

r = tasa anual de crecimiento de la demanda.

D<sub>o</sub> = Demanda año base.

D<sub>fn</sub> = Demanda final al año n

Los factores considerados para determinar la tasa de crecimiento anual de la demanda de transporte en la zona fueron: La tasa de crecimiento poblacional en los municipios de influencia del Sistema y la tendencia del uso del suelo en la zona que se refleja en el crecimiento de la vivienda (Municipio de Ecatepec), que del año 2000 al 2005 creció con una tasa promedio anual de 5.5%<sup>20</sup>.

Se consideró una tasa de crecimiento anual en los primeros 15 años de concesión de 2.15% consistente con la tasa de crecimiento considerada en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ecatepec de Morelos<sup>21</sup>, que es de 2.19% anual. A partir del año 16 y hasta el fin de la concesión se estableció una menor tasa de crecimiento (1.5%) previendo una saturación natural del espacio disponible para la construcción de nueva vivienda.

### Recolección de datos y análisis de la Demanda

El trabajo de campo se realizó durante el mes de junio por ser considerado un mes típico del año donde las actividades escolares y laborales se consideran para los movimientos del transporte público como normal y crítico.

Las encuestas de origen – destino, se llevaron a cabo durante días típicos de la semana, se eligieron por ser días típicos para realizar las encuestas los días Martes 19 y 26, Miércoles 20 y 27, y Jueves 21 y 28 de Junio.

La ubicación de los puntos dónde se aplicaron las encuestas de origen – destino, así como de preferencias declaradas y observación de frecuencia de paso y carga fueron los siguientes:

**Tabla 4. Ubicación de los Puntos de Encuestas de Origen – Destino, de Preferencias Declaradas y Observación de Frecuencia de Paso y Carga**

<b>Distrito Federal</b>	<b>Estudio de Origen - Destino</b>	<b>Estudio de Preferencia - Declarada</b>
Paradero de Autobuses del metro Indios Verdes	Si	Si
Paradero de Autobuses del metro Martín Carrera	Si	Si
Paradero de Autobuses del metro San Lázaro	Si	Si
Paradero de Autobuses del metro Moctezuma	Si	Si

<sup>20</sup> INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005.

<sup>21</sup> Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ecatepec de Morelos, Estado de México pag. 76

Municipio	Estudio de Origen - Destino	Estudio de Preferencia - Declarada	Estudio de Frecuencia de Paso y Carga
Tecámac	Av. Central (Av. Carlos Hank González) - a la altura de Central de Abasto	Av. Central (Av. Carlos Hank González) - a la altura de Central de Abasto	Av. Central (Av. Carlos Hank González) - a la altura de Central de Abasto
Coacalco	Vía José López Portillo - Ignacio Allende	Vía José López Portillo - Ignacio Allende	Vía José López Portillo - Ignacio Allende
Ecatepec	Vía Morelos - Emiliano Zapata - Vicente Lombardo Toledano (la Y de Vía Morelos)	Vía Morelos - Emiliano Zapata - Vicente Lombardo Toledano (la Y de Vía Morelos)	Av. Revolución - Vía Morelos
	Pedro Galán - Periférico	Pedro Galán - Periférico	Vía Morelos - Emiliano Zapata - Vicente Lombardo Toledano (la Y de Vía Morelos)
			Pedro Galán - Periférico
	Av. Jardines de Morelos - Av. Central (Av. Carlos Hank González)	Av. Jardines de Morelos - Av. Central (Av. Carlos Hank González)	Av. Central (Av. Carlos Hank González) - Valle de Sagitario (Metro Olímpica)
	Av. Central (Av. Carlos Hank González) - Jalapa ( Las Américas)	Av. Central (Av. Carlos Hank González) - Jalapa ( Las Américas)	Av. Jardines de Morelos - Av. Central (Av. Carlos Hank González)

Los lugares mostrados en las tablas anteriores fueron seleccionados para realizar las encuestas, debido a que enlazan a los municipios y delegaciones en la zona de estudio y son grandes concentradores de movimientos de personas, así también por la ubicación dentro de la red de tránsito que conecta a los municipios y delegaciones de la zona, donde fue posible observar la mayor movilidad posible de las unidades de transporte público y sus índices de carga lo largo del día.

### Encuesta Origen – Destino (O/D)

El objetivo de las encuestas O/D fue conocer la demanda en la zona de influencia ubicada en Ecatepec, Tecámac, Coacalco, Acolman y la Ciudad de México (Estación Martín Carrera). Esta permitió evaluar la demanda futura en el Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano.

Se realizaron cuatro tipos de encuestas en el corredor de estudio:

- Encuestas Origen-Destino en las terminales y paradas de autobús, microbús y combis (se realizaron 3,500 encuestas)
- Recuentos de Ascensos - Descensos en los mismos lugares
- Encuestas de frecuencia y carga en puntos de los ejes importantes del corredor (14 puntos de aforo)
- Encuestas de preferencia declarada (se realizaron 3,500 encuestas)

El área de estudio se compuso del Distrito Federal y los municipios del norte en la zona de influencia del proyecto (Ecatepec, Coacalco, Tecámac y Acolman).

Se usaron las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) para el análisis de las encuestas en los municipios de Ecatepec y la Delegación Gustavo A. Madero y a nivel de municipio / delegación para el resto.

Las encuestas O/D ayudaron a conocer la estructura de la demanda de los usuarios que podrían usar la nueva línea de suburbano entre Martín Carrera y Ecatepec, considerando que el nivel de servicio de esa línea será muy alto: cómodo, seguro y rápido.

La metodología consistió en realizar entrevistas de los pasajeros en las paradas de los autobuses, combis y microbuses, en los lugares ubicados en las salidas de las estaciones de metro. No se consideraron los usuarios de vehículos particulares.

Para definir los puntos en los que se realizaron las encuestas, se partió de que en el corredor de estudio, la mayoría de los viajes en transportes públicos se realizan entre los municipios de Ecatepec, Coacalco y Tecámac hacia el Distrito Federal y especialmente en las estaciones del metro de Indios Verdes, Martín Carrera, San Lázaro y Moctezuma.

Las encuestas se realizaron en las salidas de las estaciones:

- Indios Verdes: Anden “J”
- Martín Carrera: Anden “A, B y F”
- San Lázaro: En los paraderos
- Moctezuma: Salida Norte

En esas estaciones se encuentran terminales de autobús donde se hacen las transferencias con los otros modos de transporte que van hacia los municipios del norte.

Los puntos de encuesta en los municipios del norte se ubicaron en los lugares donde pasan la mayoría de las rutas de transporte público que llegan al Distrito Federal. Se realizaron en los andenes dedicados a las rutas hacia el Distrito Federal (hacia Indios Verdes, Martín Carrera, San Lázaro o Moctezuma). Los puntos de encuesta elegidos fueron los siguientes:

- Jardines de Morelos
- Plaza las Américas
- Municipio de Coacalco
- Municipio de Tecámac
- Circunvalación Sur con Vía Adolfo López Mateos
- Periférico: Avenida de los Remedios con Corredor Vía Morelos

A partir de la identificación de las horas de máxima demanda, que se sitúan en las mañanas (de las 7 a las 9) y en las tardes (de las 6 a las 8), se realizaron las siguientes encuestas:

- En las estaciones de metro del Distrito Federal ya elegidas, se levantaron encuestas dos días, (Martes y Jueves) en esas horas de máxima demanda: 350 encuestas en Indios Verdes, 350 encuestas en Martín Carrera, 150 encuestas en San Lázaro y 150 encuestas en Moctezuma (o sea 1000 encuestas en los 2 días).

- Se levantaron encuestas también en esas estaciones un día completo de las 6:30 hrs. a las 22:30 hrs. (miércoles): 500 encuestas en Indios Verdes, 500 encuestas en Martín Carrera, 250 encuestas en San Lázaro y 250 encuestas en Moctezuma (un total de 1500 encuestas en un día).
- En los municipios del norte se levantaron encuestas dos días (martes y miércoles) en las horas de máxima demanda de la mañana: 1000 encuestas repartidas en los 6 puntos de encuesta.

Para expandir las encuestas Origen-Destino de la Hora de Máxima Demanda (HMD) al día completo se hicieron recuentos de los pasajeros subiendo y bajando en los lugares donde se realizaron las encuestas. La duración de los recuentos fue la misma que la de las encuestas Origen-Destino. Es decir que cada equipo de trabajo se integró de encuestadores y contadores (Por lo menos un contador por 4 encuestadores).

### **Conteos de Frecuencia de Paso y Carga**

Se realizaron conteos de Frecuencia de Paso y Carga en los puntos importantes de los ejes del corredor del estudio:

- Av. Central (Av. Carlos Hank González) - a la altura de Central de Abasto
- Vía José López Portillo - Ignacio Allende
- Av. Revolución - Vía Morelos
- Vía Morelos – Emiliano Zapata – Vicente Lombardo Toledano (la Y de Vía Morelos)
- Pedro Galán – Periférico
- Av. Central (Av. Carlos Hank González) – Valle de Sagitario (Metro Olímpica)
- Autopista México-Pachuca – Prol. Circunvalación Sur

En estos conteos se anotó el modo de transporte que pasa en cada punto y en cada sentido. También la carga de cada vehículo que ayudó a conocer el flujo de vehículos y pasajeros.

### **Encuestas de Preferencia Declarada**

También se levantaron encuestas de Preferencia Declarada que tienen como objetivo, entre otros, conocer el valor subjetivo del tiempo de los usuarios de los transportes públicos. Se buscó la información siguiente:

- Origen y destino del viaje
- Motivo del viaje
- Frecuencia del viaje en la semana
- Ingreso de la persona encuestada
- Edad de la persona encuestada

Para conocer el valor del tiempo se preguntó a las personas encuestadas: en el caso de un nuevo servicio de transporte público tipo suburbano, rápido, seguro y con alta frecuencia, ¿Cuántos pesos más estará dispuesto a pagar para ganar tiempo adicional?

Las 1000 encuestas de Preferencia Declaradas se realizaron en los mismos lugares que las de O/D: 750 en las estaciones de metro y 250 en los municipios del norte. Las horas de máxima demanda de la mañana y de la tarde estuvieron privilegiadas para esas encuestas.

Las encuestas de preferencias declaradas mostraron que la población se desplaza principalmente para trabajar o hacia su hogar y que tiene ingresos situados entre \$2,001 y \$4,000 pesos por mes. También permitieron estimar que el valor del tiempo de los usuarios estaría distribuido entre 11 y 15 pesos por hora, y la media corregida de las encuestas lo ubica en 11.23 pesos por hora. Este último valor es semejante con aquel medido por el estudio de factibilidad realizado por Ustran - FOA.

Actualmente al 40% de los usuarios les toma más de 120 minutos llegar a su destino. Esto implica que casi la mitad de los usuarios emplea al menos cuatro horas de su tiempo al día en transportarse.

### Líneas de Deseo

Según las encuestas de origen – destino y de preferencias declaradas, las principales líneas de deseo en la zona de influencia del proyecto se ilustran en las Figuras 10 y 11, considerando que las macrozonas están conformadas de la siguiente manera:

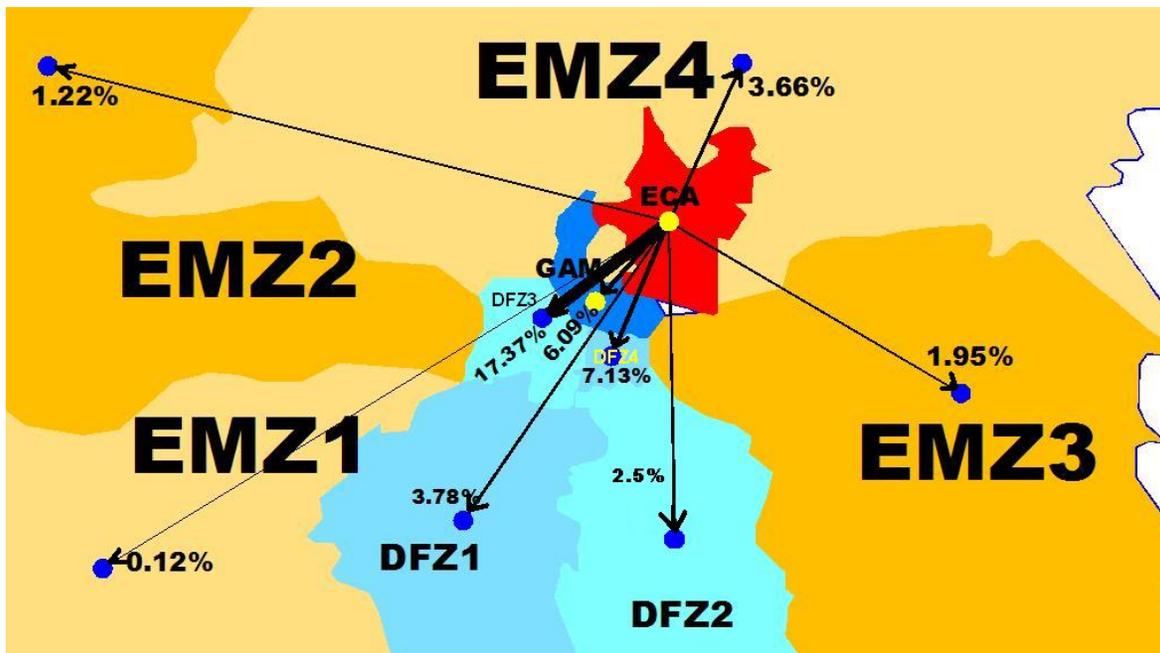


Figura 10. Líneas de deseo generadas en Ecatepec

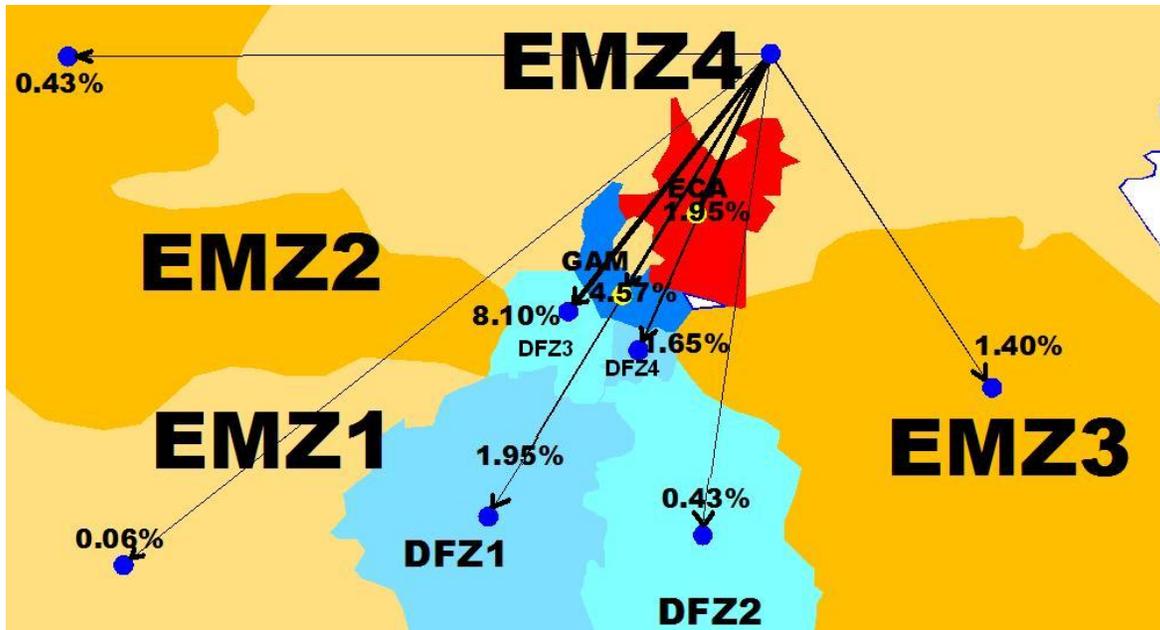


Figura 11. Líneas de deseo generadas en los Municipios de Coacalco, Tecámac y Acolman

Como resultado de la encuesta origen-destino aplicada, se puede concluir que los mayores movimientos realizados por la población en la zona de estudio son generados en el municipio de Ecatepec y los municipios aledaños (Coacalco, Tecámac y Acolman).

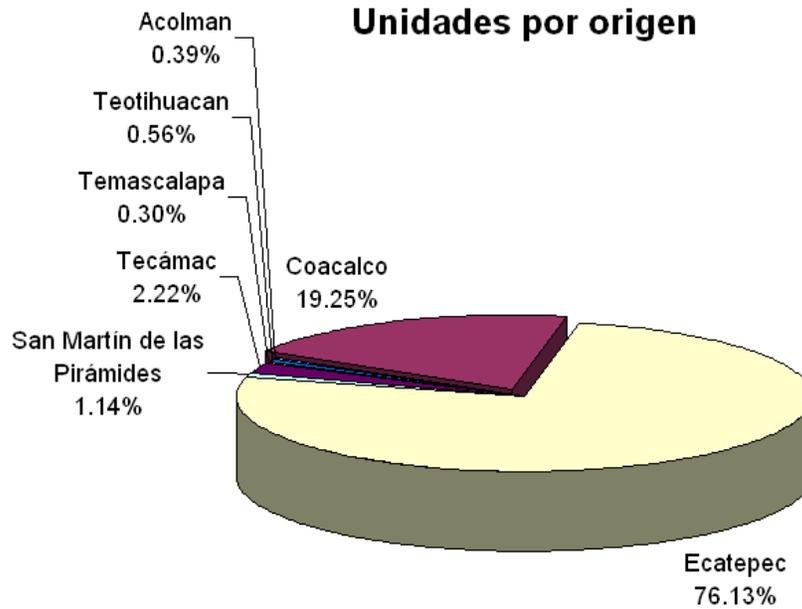
De la zona de Ecatepec el destino con una mayor captación de viajes es la Macrozona denominada DFZ3 con un 17.37% donde está comprendida la Delegación Cuauhtémoc, siendo esta la que atrae una gran cantidad de viajes, a esta línea de deseo le sigue la zona comprendida por los Municipios de Coacalco, Tecámac y Acolman los cuales generan viajes que concluyen en la Macrozona denominada DFZ3, con un 8.10% donde esta comprendida igual que la anterior la Delegación Cuauhtémoc, lugar que atrae la mayor cantidad de viajes realizados en esta zona.

Con estos datos obtenidos en campo, podemos confirmar que sobre el trazo del corredor se genera una gran demanda de transporte, teniendo como origen los municipios de Ecatepec y los municipios aledaños a este y su destino final de la demanda es la Delegación Cuauhtémoc, que coincide con el trazo propuesto para el tren suburbano.

### Análisis de la Oferta

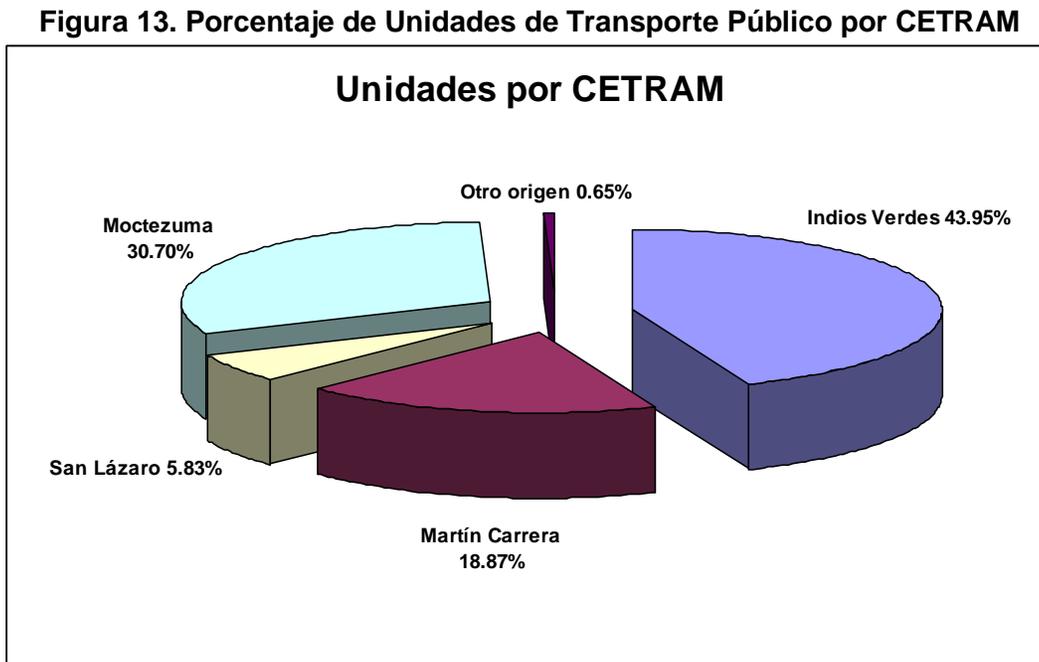
#### Inventario de los derroteros del transporte público en la zona de influencia del tramo Jardines de Morelos – Martín Carrera del Sistema 2

De los inventarios entregados por las autoridades del Gobierno del Estado de México y que corresponden a las rutas de transporte público de los Municipios de Ecatepec, Tecámac, Acolman, Coacalco, San Martín de las Pirámides, Temascalapa, y Teotihuacán, cuyo origen son los municipios mencionados y con destino a Metro Martín Carrera, Metro Indios Verdes, Metro Moctezuma y Metro San Lázaro, se obtienen los siguientes datos:



**Figura 12. Porcentaje de Unidades del Servicio Público de Pasajeros por Origen**

Estos orígenes tienen como destino 4 de los CETRAM's más importantes de la Ciudad de México, estos son el de Indios Verdes, Martín Carrera, San Lázaro y Moctezuma.



El servicio público de pasajeros tiene una cobertura sobre los Municipios de Acolman, Coacalco, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temascalapa y Teotihuacán; que corresponden al Estado de México y para el Distrito Federal las delegaciones de Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza; estos orígenes tienen como destino 4 de los CETRAM's más



- Sustitución de unidades nuevas de mayor capacidad para los corredores donde se requiera.
- Confinamiento del transporte público actual, en vialidades que lo permitan.
- Implementar sistemas de transporte eléctrico a base de tranvías.

A continuación se explica cada una de las alternativas mencionadas anteriores.

#### Implementación de sistemas de Autobuses de Tránsito Rápido (BRT).

Para que este funcione se tiene que condicionar a lo siguiente:

- Vías exclusivas separadas del resto del tránsito.
- Autobuses modernos de alta capacidad.
- Concesión a una sola empresa por ruta.
- Restricción al ingreso de autobuses foráneos a la ciudad.
- Estaciones de transferencia "CETRAMs".
- Mantenimiento constante.
- Centro de control.
- Recaudación centralizada.
- Sistema de prepago.
- Estaciones con andenes para acceso a nivel de piso de coche.

En ausencia del Ferrocarril Suburbano Sistema 2 de la ZMVM, como ya se mencionó en el punto 2.b, esta solución, complementada con autobuses, sería la mejor aunque no la solución a la problemática del transporte en la zona.

#### Sustitución de unidades de mayor capacidad para los corredores donde se requiera.

La sustitución de unidades actuales, por vehículos de mayor capacidad y de modelo reciente, permitiría retirar del servicio combis, microbuses y autobuses obsoletos. Para mejorar el servicio requeriría también mejorar las condiciones de la vialidad.

Esta solución no resuelve el congestionamiento y seguridad vial, no mejora su velocidad comercial y consecuentemente no aporta un beneficio en ahorro en tiempo de los usuarios, reporta una pequeña mejora en la emisión de contaminantes y reducción de uso de combustibles.

#### Confinamiento del transporte público actual, en vialidades que lo permitan.

Algunas vialidades del Municipio de Ecatepec, tienen ciertos tramos con una buena sección, donde se podría confinar el transporte público mejorando marginalmente con esto los tiempos de recorrido de los usuarios, sin reportar ningún otro beneficio.

Esta solución implica afectaciones a las vialidades actuales incrementando el congestionamiento y por lo mismo el tiempo de recorrido de los usuarios que no usan el transporte público.

### Implementar sistemas de transporte eléctrico a base de tranvías.

La incorporación de una red de tranvías permitiría reducir la contaminación ambiental haciendo un mejor uso de la energía y brindando una mayor capacidad de transporte en relación al autobús, microbús y combis.

Este sistema para que brindase una alta calidad de servicio requeriría de tener carriles exclusivos con el mismo inconveniente de la limitación en las vialidades.

Con este sistema se podrían alcanzar velocidades comerciales de hasta 27 km/h mejorando el tiempo de recorrido en casi un 44% y su capacidad de transporte podría alcanzar hasta 20,000 pasajeros/hora-sentido.

Todas las alternativas planteadas anteriormente ofrecen soluciones limitadas en cuanto a su capacidad de transporte, ya que solo permiten atender demandas del orden de 6,000 y 10,000 pasajeros / hora-sentido, no siendo opciones satisfactorias, aún a largo plazo, por lo que la demanda seguiría insatisfecha (atendida ineficientemente) por un transporte público lento y poco confiable, lo que significa mantener el deterioro en la calidad de vida para el público usuario.

El Proyecto pretende resolver esta problemática, al ofrecer un servicio de transporte masivo de alta calidad: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender al inicio de operaciones una demanda superior a 13,000 pasajeros/hora-sentido y hasta una capacidad potencial de 45,000 pasajeros/hora-sentido, suficiente para satisfacer la demanda esperada a lo largo de la concesión, disminuyendo significativamente el tiempo de transporte de los usuarios.

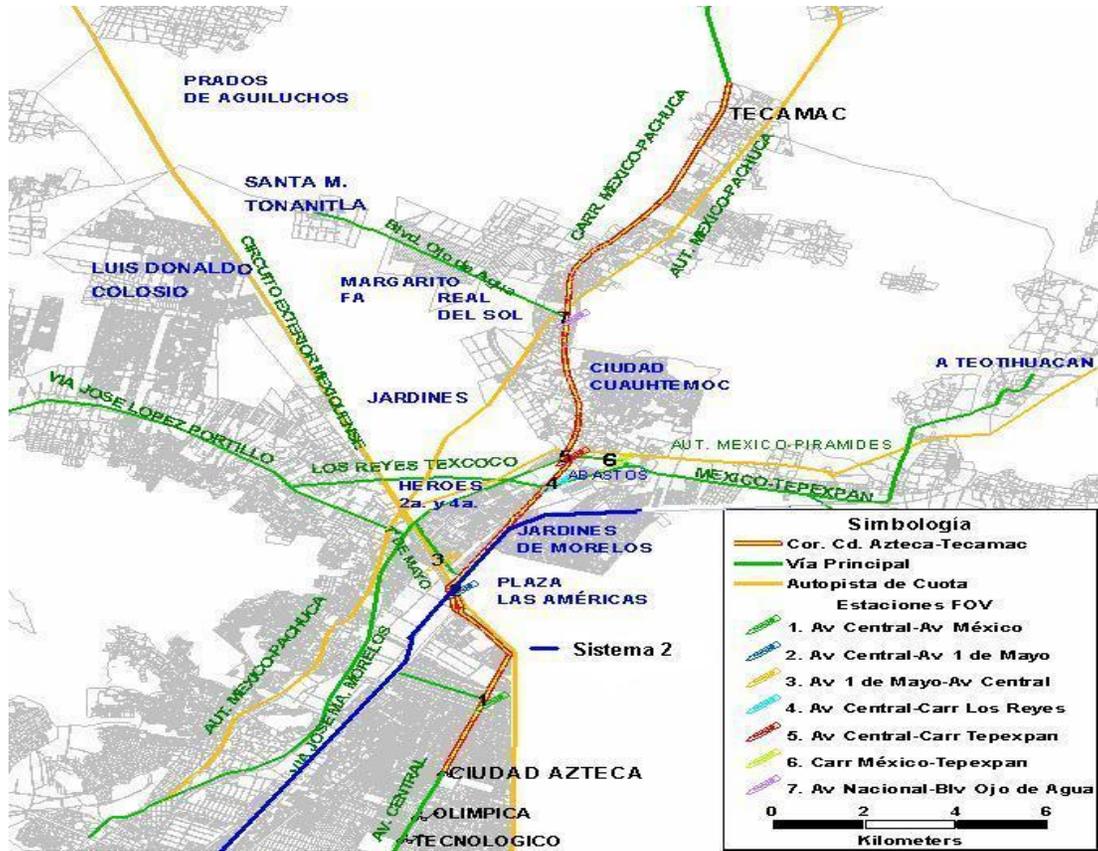


Figura 15. Conectividad del Sistema 2 con otros Medios de Transporte

### **III.- Descripción del Proyecto**

#### **a. Objetivo**

El Proyecto del Ferrocarril Suburbano del Sistema 2 de la ZMVM contribuirá a cumplir con los objetivos nacionales, señalados en el Plan Nacional de Desarrollo<sup>22</sup>, de:

- “Tener una economía competitiva que ofrezca bienes y servicios de calidad a precios accesibles, mediante el aumento de la productividad, la competencia económica, la inversión en infraestructura, el fortalecimiento del mercado interno y la creación de condiciones favorables para el desarrollo de las empresas, especialmente las micro, pequeñas y medianas” y el de
- “Asegurar la sustentabilidad ambiental mediante la participación responsable de los mexicanos en el cuidado, la protección, la preservación y el aprovechamiento racional de la riqueza natural del país, logrando así afianzar el desarrollo económico y social sin comprometer el patrimonio natural y la calidad de vida de las generaciones futuras”

Y contribuirá a cumplir con el objetivo primordial del Plan Nacional de Desarrollo en materia de Infraestructura para el Desarrollo<sup>23</sup> que “es incrementar la cobertura, calidad y competitividad de la infraestructura, de modo que al final de la presente administración, México se ubique entre los treinta países líderes en infraestructura de acuerdo a la evaluación del Foro Económico Mundial”

Es importante mencionar que la puesta en marcha del Sistema 2 se apega a las estrategias planteadas en el Plan Nacional de Desarrollo de:

- ESTRATEGIA 14.7 Ampliar la cobertura de los transportes en todas sus modalidades, modernizar la infraestructura y proporcionar servicios confiables y de calidad para toda la población.
- ESTRATEGIA 14.8 Abatir el costo económico del transporte, aumentar la seguridad y la comodidad de los usuarios, así como fomentar la competitividad y la eficiencia en la prestación del servicio de transporte.
- ESTRATEGIA 14.9 Modernizar la gestión del sistema de transporte, fortaleciendo el ejercicio normativo, rector y promotor del Estado, a fin de garantizar el desarrollo y uso de la infraestructura de transporte.
- ESTRATEGIA 14.10 Proponer esquemas de financiamiento y mejorar los ya existentes para fomentar el desarrollo de proyectos de infraestructura e impulsar su papel como generador de oportunidades y empleos

Y es congruente con las líneas de política establecidas en el Plan para el transporte ferroviario que establecen:

---

22 Plan Nacional de Desarrollo. Objetivos Nacionales.  
<http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=anexo-prueba2>

23 Idem. <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=telecomunicaciones-y-transportes>

- “Revitalizar el transporte ferroviario de pasajeros y continuar impulsando proyectos de trenes suburbanos o interurbanos, aprovechando la infraestructura existente”, y
- “Mejorar la prestación de los derechos de paso y los servicios de interconexión para explotar la red ferroviaria como un sistema “sin costuras”, de forma segura, eficiente y en condiciones equitativas en cuanto a oportunidad, calidad y precio, en beneficio de los usuarios y de la economía nacional en su conjunto”

## ***b. Propósito***

Los principales objetivos que se desean alcanzar, al emprender este proyecto en su primer tramo comprendido entre Jardines de Morelos - Martín Carrera (20.09 km. de longitud más 1 kilómetro para maniobras) son:

- Resolver la problemática del transporte público actual, que se caracteriza por ser de baja calidad (inseguro, lento, poco confiable, poco accesible, poco eficiente y contaminante), lo que representa un deterioro en la calidad de vida para el público usuario.
- Ofrecer un servicio de transporte masivo de alta calidad: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender una demanda superior a 13,000 pasajeros por hora-sentido y un volumen de pasajeros por día superior a 250,000, que mejore el bienestar social de los habitantes de la ZMVM.
- Disminuir significativamente el tiempo de transporte de los usuarios.
- Contribuir en la solución del congestionamiento vial existente en la Carretera México-Pachuca, en el tramo entre la Estación del metro Indios Verdes y la Zona de Xalostoc-Ecatepec-Coacalco-Jardines de Morelos y, de manera más amplia, en la región Nororiente de la ZMVM.
- Disminuir el costo anual de operación y mantenimiento del sistema de transporte público actual que da servicio a la demanda del corredor estudiado (Tramo Jardines de Morelos – Martín Carrera).
- Contribuir en la reducción de la contaminación ambiental causada por el tránsito vehicular, en la zona.
- Cooperar al ahorro del consumo energético en materia de transporte en la ZMVM.
- Constituirse como el eje del reordenamiento del transporte público en la parte norte de la ZMVM, así como contribuir al desarrollo urbano equilibrado y al mejoramiento de la imagen urbana en la zona de influencia del proyecto.

## ***c. Componentes***

**Figura 16. Esquema Simplificado de un Sistema de Transporte Ferroviario**



El diseño Sistema Ferroviario deberá tener en cuenta el entorno del proyecto en el cual se desempeñará para brindar el nivel de servicio óptimo que se requiere, como se ilustra en la Figura 17.

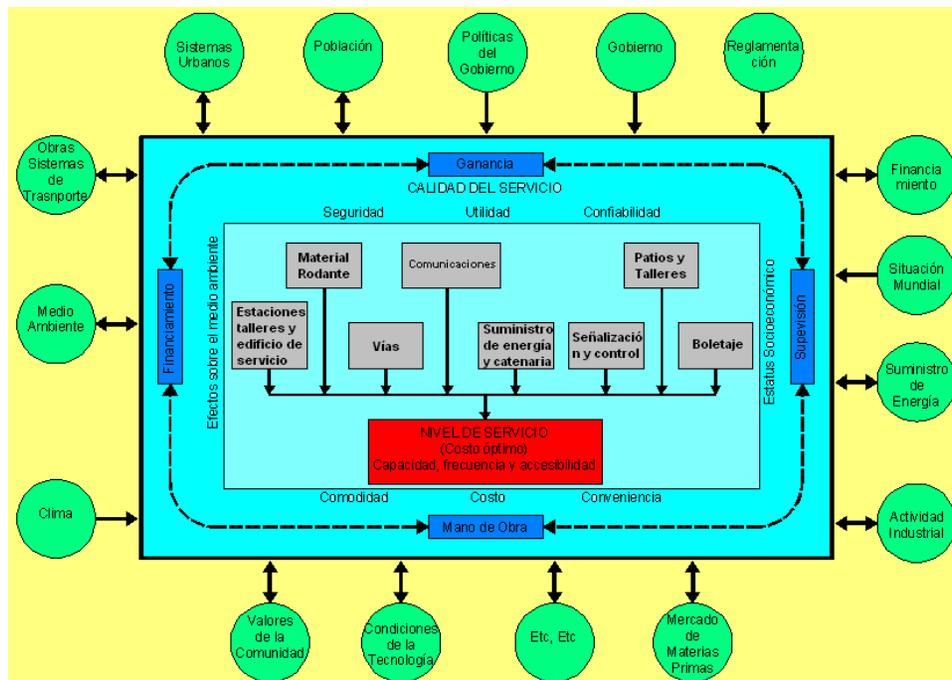
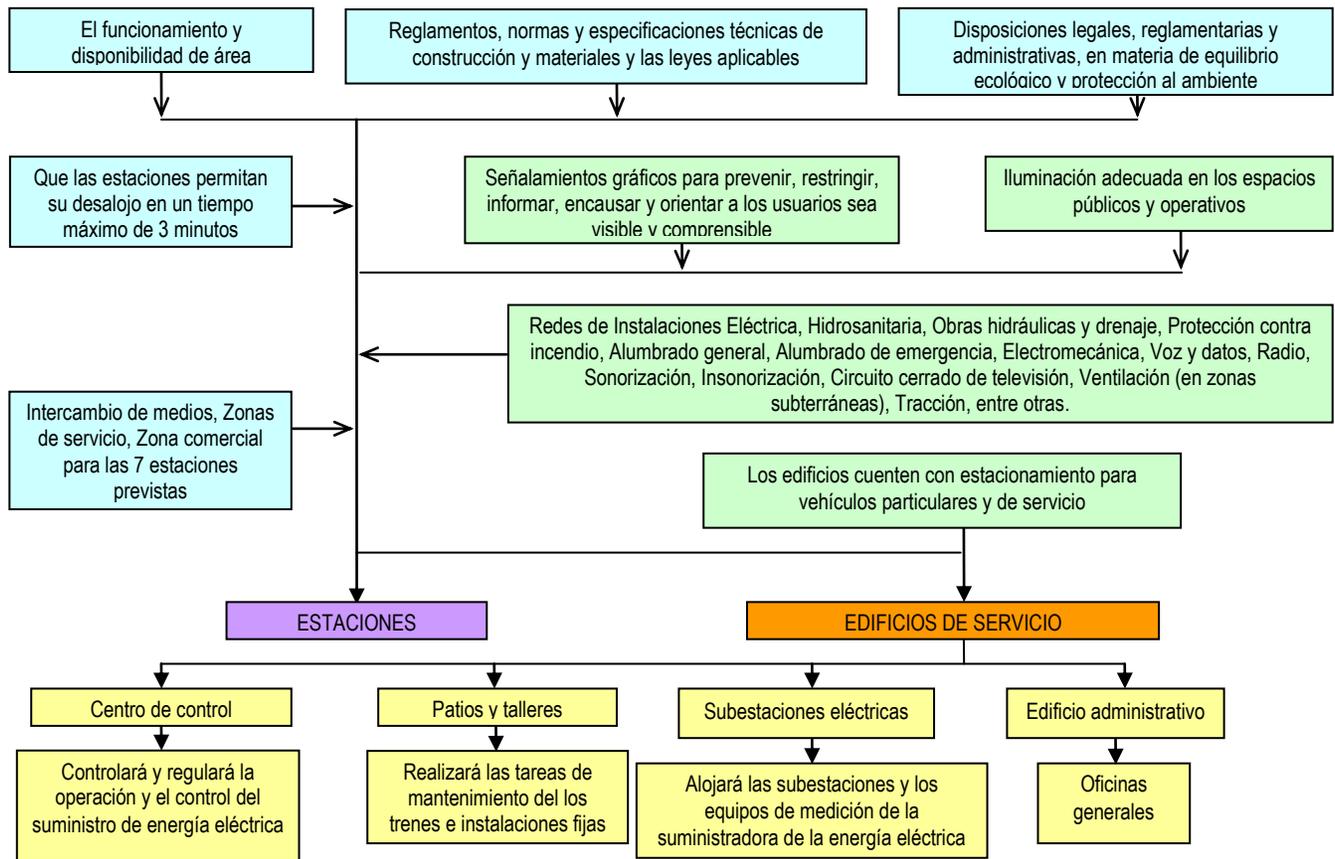


Figura 17. Entorno del Proyecto

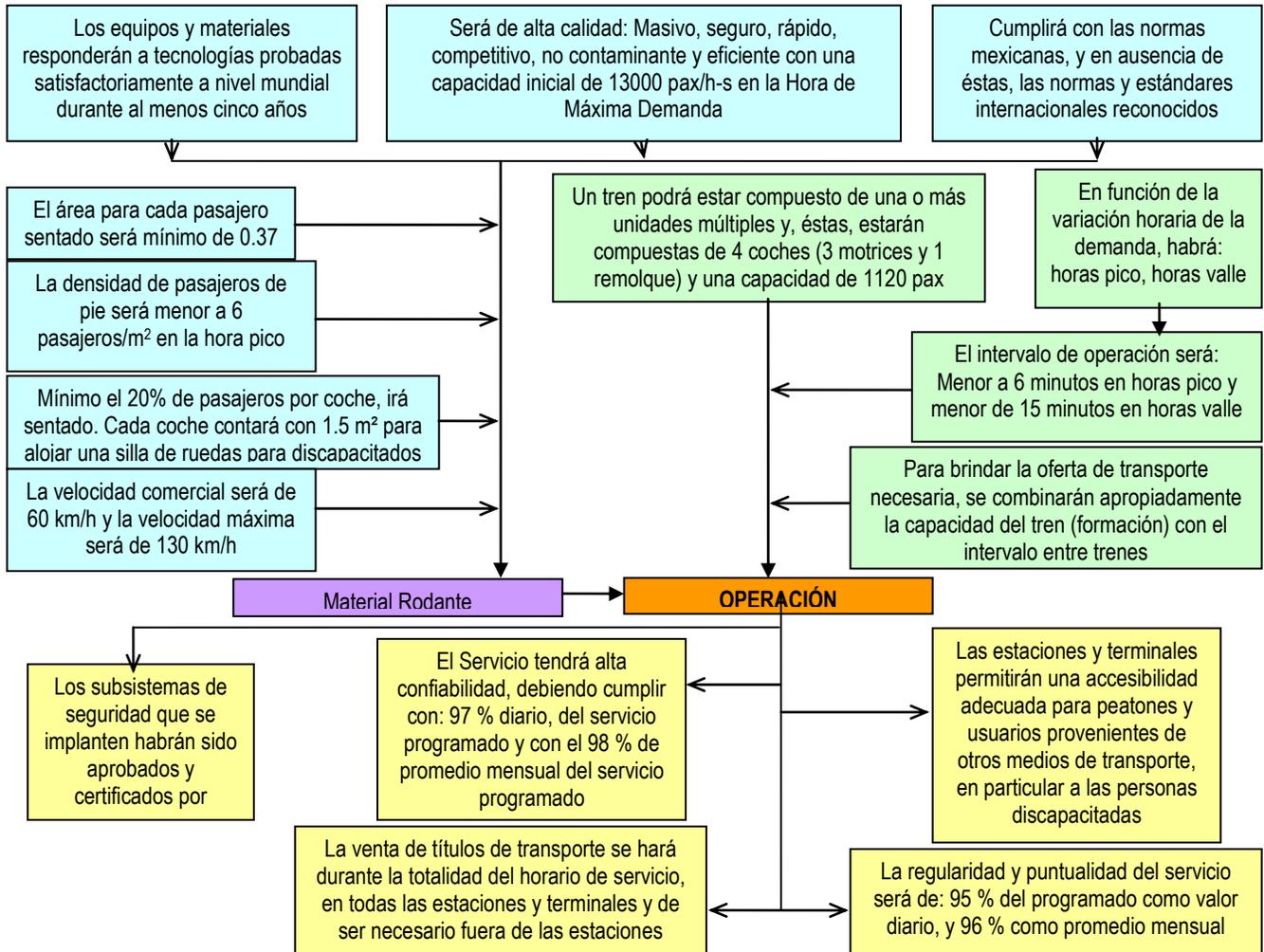
A continuación se explica las características de las obras civiles.



**Figura 18. Características de las Obras Civiles**

## Características de la operación del Sistema 2

El servicio de Transporte deberá ser masivo, seguro, competitivo y eficiente. El Horario del servicio comercial se prestará entre las 05:00 a.m. y la 00:30 a.m. La demanda actual y futura deberá ser siempre satisfecha. A continuación se explica de manera esquemática las características de la operación del sistema ferroviario.



**Figura 19. Características de la Operación del Sistema Ferroviario**

Las plazas ofrecidas por coche se calculan como: El área ocupada por cada pasajero sentado deberá ser al menos de 0.37 metros cuadrados. Como mínimo el 20% del número total de pasajeros, por coche en carga nominal, deberán ir sentados. Cada coche deberá contar con 1.5 m<sup>2</sup> destinado a ubicar una silla de ruedas para discapacitados. La densidad máxima de pasajeros de pie será de 6 pasajeros por m<sup>2</sup>.

Formación de los trenes. Un tren podrá estar compuesto de una o más unidades eléctricas múltiples (EMU). Considerando que la EMU estará compuesta por 4 carros, con una capacidad de 280 pasajeros por carro, lo que da un total de 1,120 pasajeros por EMU.

Intervalo de operación. El intervalo de operación entre trenes será menor a 6 (seis) minutos en horas pico y menor de 15 minutos en horas valle.

La velocidad comercial en el Sistema 2 será de 60 km/h. Los tiempos de detención en estaciones deberán estar acordes a la demanda de pasajeros, lo mismo que la capacidad de los trenes y los intervalos de operación. La velocidad máxima de los trenes será de 130 km/h.

Seguridad. El Ferrocarril Suburbano de Pasajeros tendrá la seguridad como uno de los objetivos primordiales.

Vigilancia. El Ferrocarril Suburbano Sistema 2 contará con vigilancia en las estaciones, trenes y todas sus dependencias.

Confiabilidad del servicio. Las instalaciones, Equipo y Subsistemas Ferroviarios y los procesos de operación y mantenimiento serán altamente confiables.

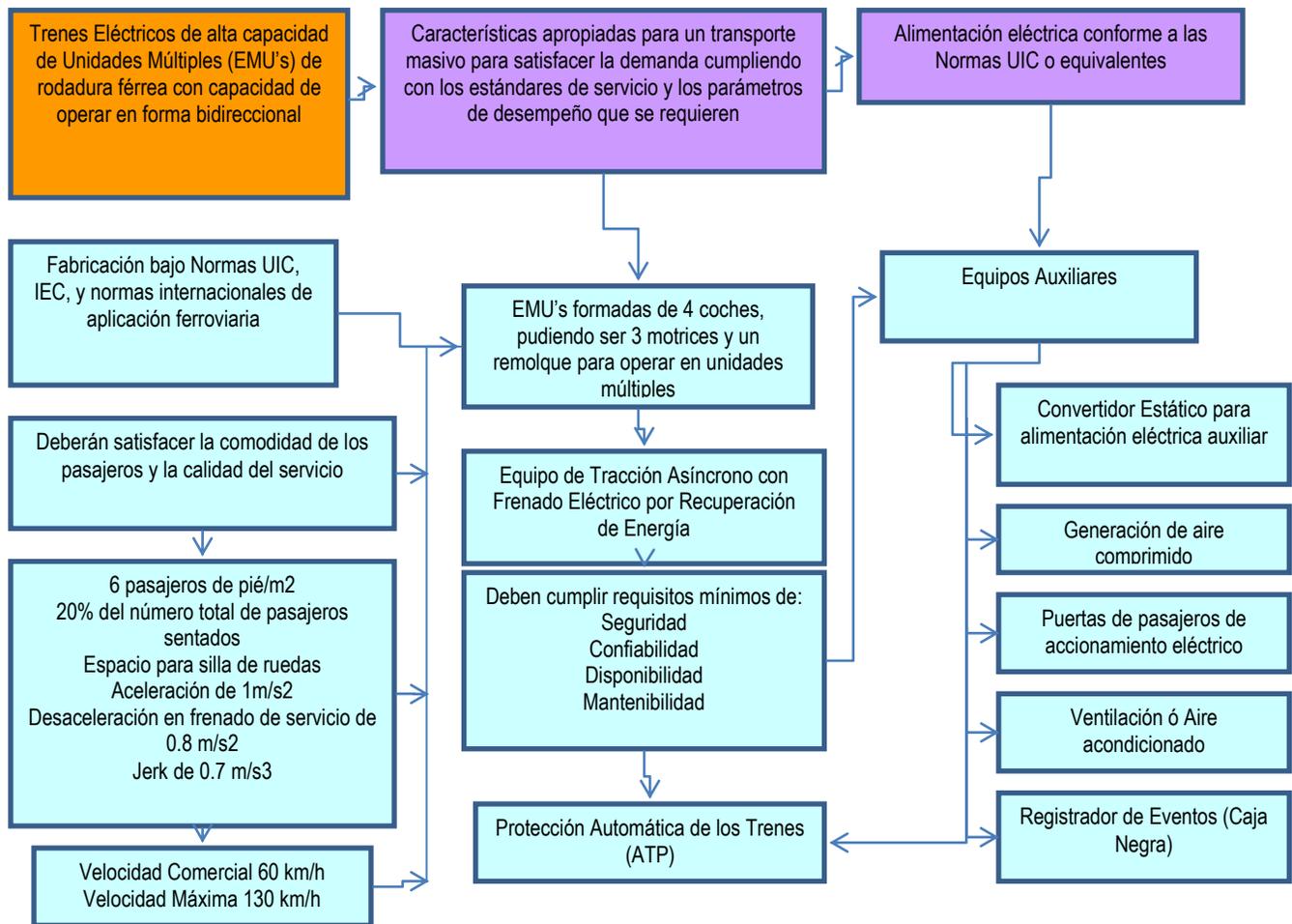
Eficiencia del servicio. El servicio será planificado, implantado y ejecutado para lograr el máximo de su utilización al menor costo posible.

Accesibilidad interna. En las estaciones, terminales e intercambiadores de medios permitirán el fácil y seguro acceso de los pasajeros incluyendo a los usuarios de capacidades diferentes.

Expedición de títulos de transporte. Todas las estaciones contarán con sistemas para la expedición y venta de títulos de transporte, mediante taquillas o máquinas expendedoras.

Información y atención a usuarios sobre el servicio. El Servicio de Transporte contará con un concepto integral de atención e información general a los usuarios.

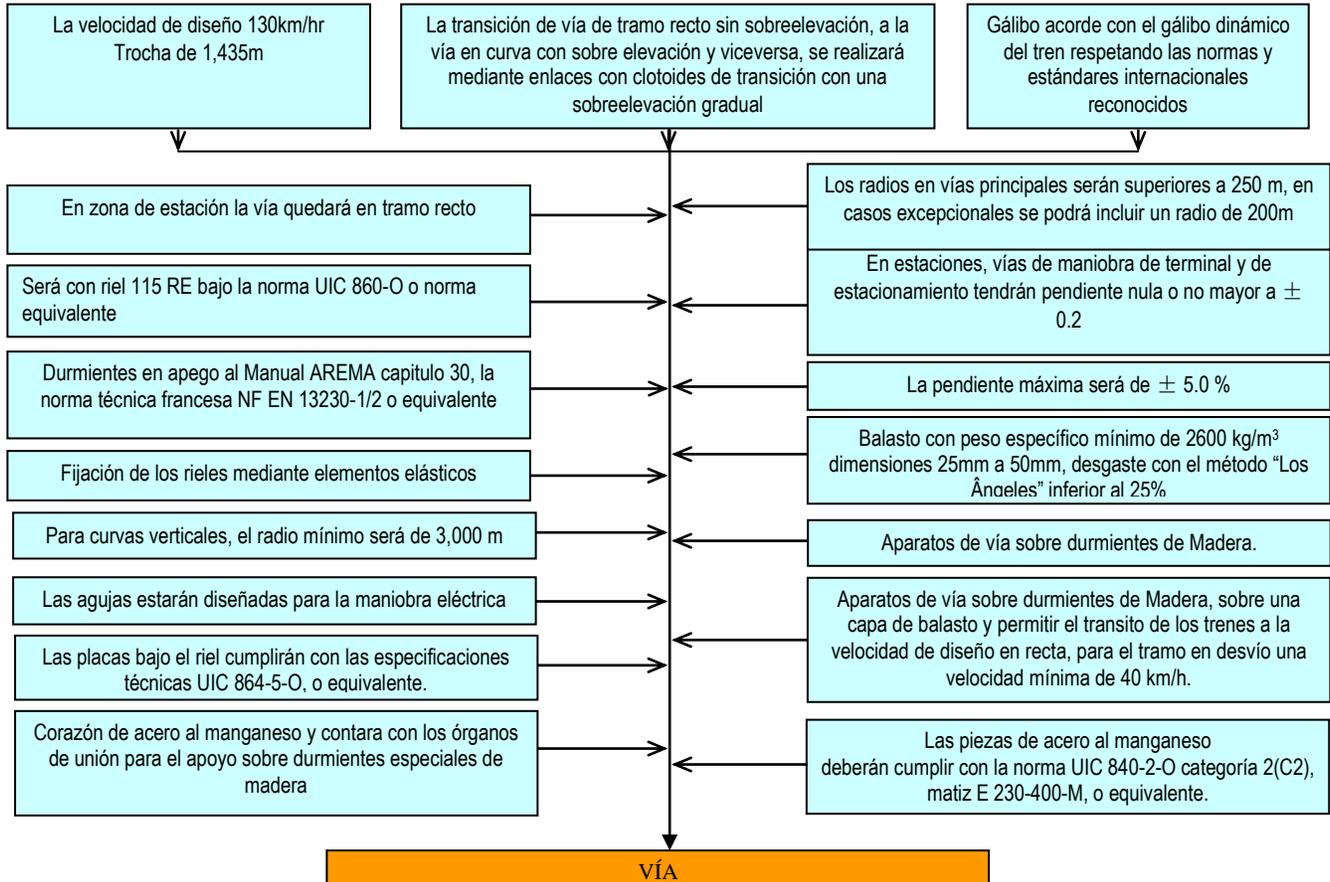
Se dispondrá de instalaciones de mantenimiento y patios de depósito para los trenes. Así como talleres para el mantenimiento de las instalaciones fijas.



**Figura 20. Características del Material Rodante**

## Subsistemas técnicos

La electrificación para el servicio suburbano incluye dos vías electrificadas exclusivas para el servicio de pasajeros. El proceso de diseño de la vía se explica en la siguiente figura



**Figura 21. Características del diseño de la Vía**

El subsistema de energía eléctrica deberá estar diseñado para suministrar con seguridad la energía eléctrica requerida por el ferrocarril suburbano de acuerdo con las condiciones de operación, los intervalos entre trenes, la aceleración de los trenes y las velocidades máximas permitidas.

El subsistema de suministro de energía y catenaria estará compuesto por subestaciones de energía de tracción, alimentación de energía auxiliar, catenaria, retorno de tracción, y mando y control del suministro de energía de tracción. La energía de tracción está destinada a utilizarse por los trenes y la alimentación de energía auxiliar, para el alumbrado y fuerza de las estaciones y talleres.

El diseño del suministro de energía deberá determinar:

1. La ubicación óptima de las subestaciones.
2. La potencia de las mismas.
3. La sección de la línea de contacto.

Se tomará como referencia las tensiones eléctricas nominales, máximas, mínimas y mínimas instantáneas que recomiendan las normas UIC, que son:

Tensión máxima: 27.5 kV.  
Tensión nominal: 25 kV.  
Tensión mínima: 19 kV.  
Tensión mínima instantánea: 17.5 kV.

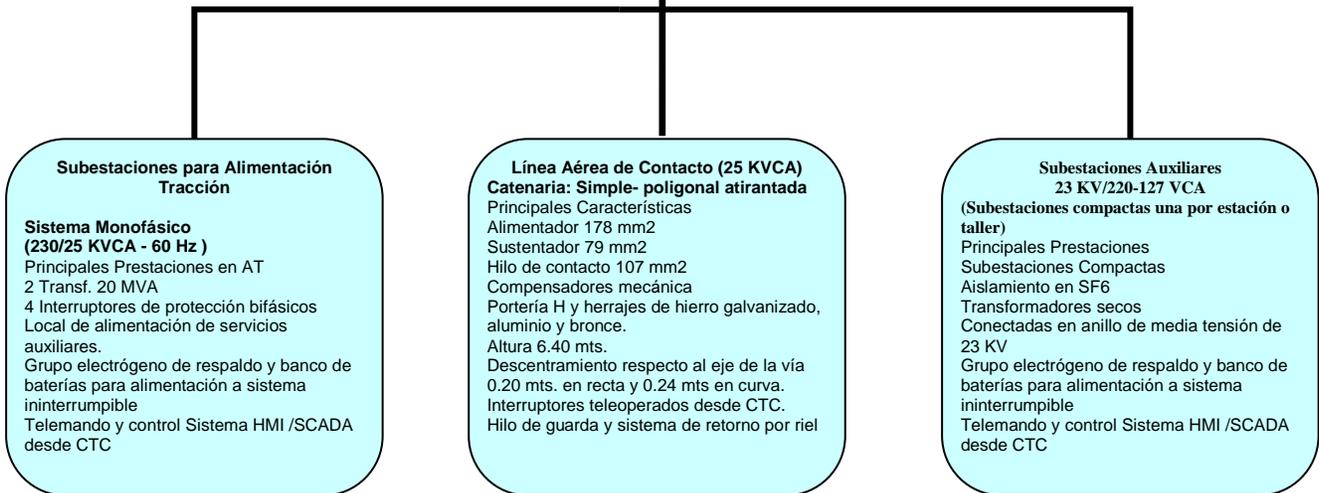
A fin de que la tensión que reciben los trenes, a lo largo del recorrido, permanezca próxima a la tensión nominal y que la caída de tensión máxima, no rebase el límite inferior establecido en la norma aplicada.

**Suministro de Energía.**  
(Alta Confiabilidad y Disponibilidad)  
Sistemas redundantes con niveles de disponibilidad de 99.999% por año

**Sistemas normalizados internacionalmente para aplicación en ferrocarriles metropolitanos electrificados**

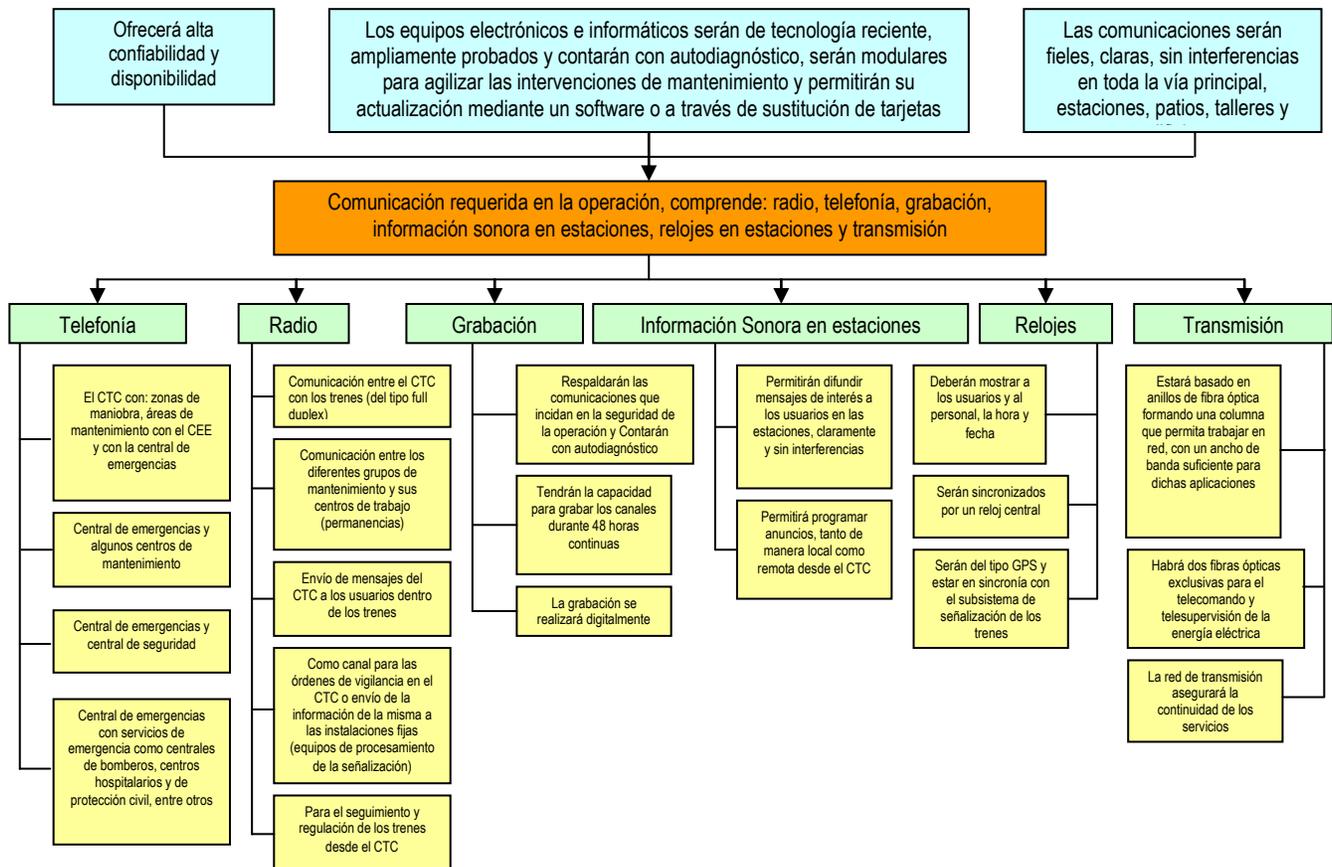
El suministro de energía deberá incluir una instalación de puesta a tierra (enterrada y visible, con puntos de prueba) que garantice la protección de las personas y equipos. Deberá poseer medios de detección y protección para corrientes de falla, que aislen al equipo en falla en forma rápida y segura, cumpliendo la normativa aplicable y teniendo la capacidad de transmitir las informaciones al centro de control.

**Retorno de Tracción**  
El retorno de corriente deberá estar compuesto preferentemente por los rieles de rodadura y un cable de refuerzo paralelo a los mismos para asegurar continuidad. Los retornos de tracción estarán dimensionados para por lo menos 125% de la máxima corriente que pueda ser suministrada por la subestación de tracción.



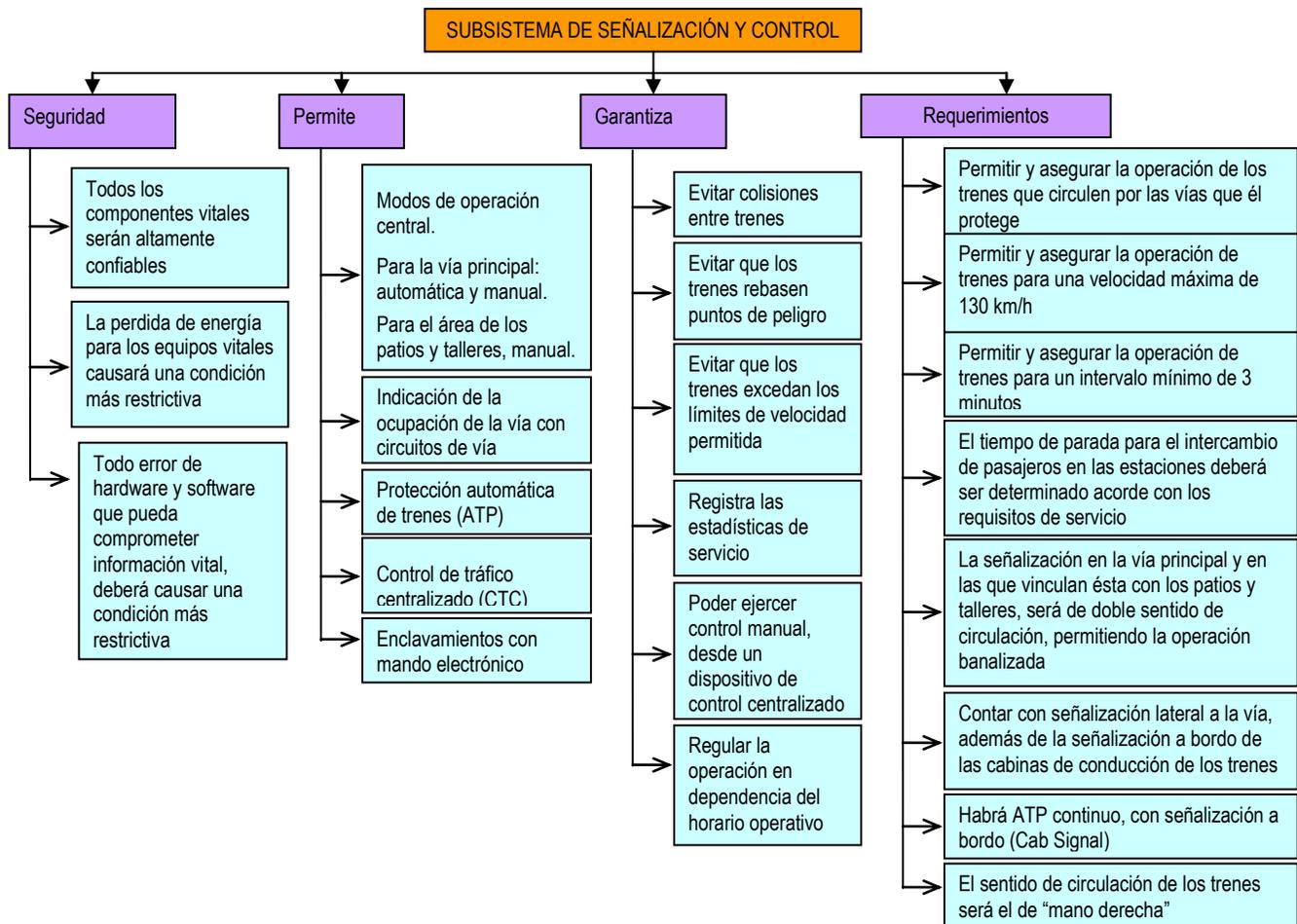
**Figura 22. Características del Subsistema de Electrificación**

El subsistema de comunicaciones permitirá todos los enlaces de comunicación requeridos en la operación. Estará estructurado por una red de comunicaciones: radio, telefonía, grabación, información sonora en estaciones, relojes en estaciones y líneas de transmisión. Ofrecerá alta confiabilidad y disponibilidad.



**Figura 23. Características del Subsistema de Comunicaciones**

El subsistema de señalización y control, tiene el propósito de proteger y operar con seguridad los trenes y elevar la eficiencia del tráfico del ferrocarril, evitando la colisión entre trenes, que rebasen los puntos de peligro, que excedan los límites de velocidad autorizados, que permita un control y vigilancia centralizado, así como la regulación de la marcha de los trenes y todo realizado con seguridad intrínseca.



**Figura 24. Características del Subsistema de Señalización y Control**

El subsistema de boletaje permitirá un adecuado control de entrada y salida de pasajeros del ferrocarril suburbano, estará basado en el uso de tarjetas inteligentes sin contacto, realizando el cobro de manera precisa.

Deberá contemplar lo siguiente: torniquetes equipados con lectores / procesadores de títulos de transporte y deberán procesar, almacenar y transmitir la información de todas las transacciones realizadas, debe contar con una computadora concentradora de estación, para recibir y transmitir información entre los torniquetes y la computadora central.

### Conectividad con el sistema de transporte

La conectividad del proyecto es muy importante para el éxito del mismo. Dicha conectividad está prevista en tres ámbitos:

- Con el STC-Metro: Estas conexiones son necesarias para el proyecto, al articularse los dos sistemas de transporte masivo más importantes que operarán en la ciudad. En el caso particular del Sistema 2, las conexiones potenciales se darán en la Estación Terminal Martín Carrera, con la Línea 6 (Martín Carrera – El Rosario) y la Línea 4 (Martín Carrera – Santa Anita).

- Con el sistema de transporte de superficie: Se contempla la reestructuración de rutas mediante la inclusión de ramales para la alimentación/desalojo, con autobuses, microbuses y combis, de los principales centros generadores de viajes a las estaciones del ferrocarril suburbano.
- Para el horizonte de la puesta en servicio, los sistemas BRT estarán probablemente en servicio, y presentarán una fuerte interfaz con el Sistema 2:
  - El Transmexiquense entre Tecámac y Ciudad Azteca
  - El Transmexiquense entre Coacalco y Ciudad Azteca
  - En el Distrito Federal: Metrobús MB03

## **Integración de los Sistemas Ferroviarios Suburbanos**

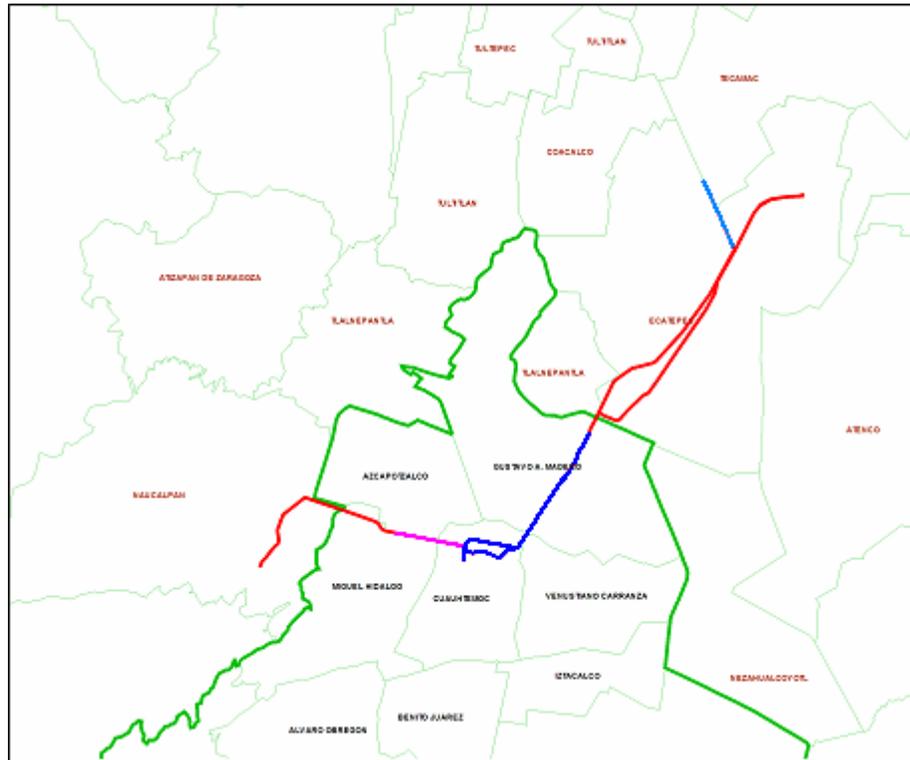
Es importante destacar que convendrá mantener como un objetivo insoslayable y estratégico de implementación futura, la interconexión de los diversos sistemas de ferrocarriles suburbanos que disponen de derechos de vía ferroviarios, principalmente en el Estado de México así como en el Distrito Federal, de tal suerte de poder integrar un verdadero arco de transporte ferroviario urbano y suburbano que una e integre las localidades situadas en el oriente, con las del norte y poniente de la Zona Metropolitana del Valle de México.

El futuro sistema integrado de los Ferrocarriles Suburbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México deberá conformar los ejes radiales del transporte ferroviario suburbano y masivo de pasajeros, facilitando los desplazamientos desde las zonas suburbanas densamente pobladas a sitios más céntricos del Distrito Federal y desde los cuales será posible alcanzar todos los puntos de destino de viaje situados en el Distrito Federal, utilizando para ello la red del Metro, BRT y demás medios de transporte público.

Este futuro sistema radial de transporte ferroviario masivo suburbano permitirá también rodear a la ciudad de México por su lado norte, uniendo el sur-oriente con el nor-poniente, brindando un servicio de transporte público de calidad y de alta velocidad comercial, estimada en 60 km/hr, con unidades de ferrocarriles eléctricos de gran capacidad, diseñados para operar a velocidades máximas de 130 km/hr, brindando así una sustancial reducción de tiempos de viaje a los habitantes de las zonas más densamente pobladas de la ZMVM.

El Sistema 2 como se ha definido en la red de Sistema de Ferrocarriles Suburbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México tiene una longitud potencial de 89.5 km., desde Río Hondo en Naucalpan hasta San Juan Teotihuacán, considerando el enlace con el Sistema 1 en la vía que va de Lechería a Jaltocan.

- El Sistema 2 tiene un gran potencial de expansión hacia el centro de la Ciudad de México, hacia la Terminal Buenavista o enlazar con el STC Metro en Garibaldi.
- De Buenavista se puede prolongar hasta Polanco siguiendo el derecho de vía ferroviario.
- Un ramal que tiene un gran potencial para la captación de demanda es el que va desde la Estación Américas, siguiendo el derecho de vía del Gran Canal del Desagüe, hacia el denominado “Puente de Fierro”, dónde confluye la Autopista México – Pachuca y la Autopista a Texcoco.



**Figura 25. Potencial de Crecimiento del Sistema 2**

#### ***d. Calendario de actividades***

Se prevé sacar la convocatoria para licitar la concesión de este Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM dentro del tercer trimestre del 2008, para otorgar la concesión en el primer trimestre del 2009, se contempla un periodo de ejecución del Proyecto de dos años para empezar la operación a principios de 2011.

#### ***e. Tipo de Proyecto***

El Proyecto del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM es un Proyecto de Infraestructura Económica, de conformidad a la definición establecida en el artículo 2.i de los “Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión”, de la UI-SHCP, publicados en el Diario Oficial el 18 de marzo del 2008, que dice que cuando se trate de la construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de agua, comunicaciones y transportes, electricidad, hidrocarburos y turismo, es un proyecto de este tipo.

## ***f. Localización geográfica y zona de influencia***

La primera etapa del ferrocarril suburbano del Sistema 2 correrá en dirección Sur-Norte a través de parte del Distrito Federal y el Estado de México entre Martín Carrera y Jardines de Morelos y circulará en dos vías electrificadas. La longitud total del servicio suburbano de pasajeros será de 21.09 km, que incluye 1 kilómetro adicional para maniobras.

La zona de influencia de este proyecto abarca los municipios de Ecatepec de Morelos, Acolman, Atenco, Coacalco, Tecámac, del Estado de México y con las Delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza y Cuauhtémoc del Distrito Federal.

El trazo propuesto para este primer tramo del Sistema 2 va del cruce de la Calz. San Juan de Aragón con Ferrocarril Hidalgo (Metro Martín Carrera), sigue por la Calz. San Juan de Aragón en dirección Poniente – Oriente hasta el cruce con el Gran Canal. Continúa en dirección sur – norte por el extremo oriente de la Av. Gran Canal, hasta entroncar con la línea S y siguiendo ésta hasta Jardines de Morelos. La línea contempla la construcción de 7 estaciones (2 terminales y 5 estaciones intermedias) con los servicios necesarios para atender a los viajeros.

Se prevé que la vía ferroviaria del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM que va de Martín Carrera a Jardines de Morelos opere totalmente confinada, para ello será necesario realizar los puentes ferroviarios, vehiculares y peatonales señalados en el capítulo III inciso c Obras de Infraestructura.

## ***g. Vida útil del Proyecto y su horizonte de evaluación***

Se estima que en este tipo de proyectos la infraestructura tiene una vigencia de más de 50 años mediante el mantenimiento adecuado (reparación y reposición de vías desgastadas) y los equipos electromecánicos reciben mantenimiento, rehabilitación, reposición y sustitución por obsolescencia tecnológica, de manera que el sistema permanece operativo por más tiempo del período mencionado siempre y cuando reciba el mantenimiento adecuado. Al término de dicho periodo será revisada la continuación de la operación del mismo.

El horizonte para la evaluación del Proyecto es de 30 años, tiempo que se estipula la duración de la concesión.

## ***h. Capacidad Instalada***

Para la determinación del equipo y su capacidad de atender la demanda, se tomó como base la cifra esperada de pasajeros para la interestación más cargada en la hora de máxima demanda.

Se estimó que para soportar la calidad de servicio esperado en el Sistema 2 y poder atender la demanda estimada para el primer año de operación en la interestación más cargada en la hora de máxima demanda, se necesitaría que la frecuencia de paso de los trenes en la HMD

fuera inferior a 6 minutos con trenes formados con una EMU (Unidad Eléctrica Múltiple) compuesta de 4 coches, con una capacidad por cada coche de 280 personas o 1,120 personas por EMU, una EMU de reserva, con 10 trenes en operación, a la velocidad comercial de 60 km/h, con la longitud de la vuelta de 41 km. (la duración de la vuelta ascendería a 41 minutos). Con estos datos se estimó que la capacidad de atender el máximo de pasajeros en la HMD es de 13,440 pasajeros/hora-sentido.

Con esos mismos datos se estimó que a partir del séptimo año de operación se requeriría material rodante adicional y que para atender la demanda esperada hasta el final de la concesión harían falta 5 EMU's.

El modelo de asignación del tráfico sobre la red de transporte público fue ajustado sobre la situación 2007 con adecuación entre los flujos observados y los flujos modelados sobre los ejes.

Fueron probados distintos escenarios de precio para dar cuenta de las variaciones de la demanda. Los escenarios se construyeron considerando el valor subjetivo del tiempo, el número de pasajeros en la línea en un día laboral y sin considerar la reestructuración del transporte público actual.

Sin embargo, las primeras estimaciones del tráfico en la línea de Suburbano 2 con el trazo previsto mostraban una alta sensibilidad a la tarifa ya que la mayoría de los recorridos actuales del transporte público son paralelos a la nueva línea y no lo alimentan.

Es por esto que se consideró que la puesta en servicio del suburbano se acompañará de un gran esfuerzo para la reorganización de la oferta de transporte público en la zona de influencia del Sistema 2 (autobuses, combis y microbuses), la cual estará a cargo de las autoridades competentes del Gobierno del Estado de México.

Los principios básicos usados para esa reestructuración son los siguientes:

- Reducir la oferta de autobús en los recorridos paralelos a la nueva línea
- Favorecer las líneas alimentadoras hacia las estaciones de la nueva línea
- Garantizar nuevos vínculos con la creación de nuevas líneas (Ejemplo los BRT).

Se analizó en esta parte la influencia de la reestructuración de la oferta en situación con proyecto sobre el tráfico de la nueva línea. Distintos porcentajes de número de recorridos reorganizados se probaron.

La distancia promedio recorrida por pasajero es de 12.24 km y fue obtenida de la matriz de viajes persona entre estaciones resultante del estudio de demanda y las distancias entre las mismas, dividido entre el total de los pasajeros.

Para el estudio de demanda se consideró una tarifa promedio de 6 pesos que resulta de multiplicar la tarifa kilométrica de \$0.474 pesos/km por la distancia promedio (12.24 km) que arroja un valor de \$5.8 pesos que redondeado da \$ 6.00 pesos

El valor subjetivo del tiempo para los usuarios obtenido de las encuestas del estudio de demanda es de 11,23 pesos por hora.

Con estas hipótesis y una reorganización de la oferta de transporte público en la zona del 70% se estima, para el inicio de la operación del Sistema 2 en el año 2011, una cantidad de 250,000 pasajeros/día y 77.75 millones de pasajeros en el primer año de servicio del Sistema 2.

El estudio de demanda definió el periodo pico entre las 6.30 a.m. y las 9.00 a.m. y se determinó una relación entre los pasajeros transportados en la hora de máxima demanda y el día entero que resultó de 9.0%. Para estimar este parámetro, como parte del estudio de demanda, se hicieron recuentos durante el día completo de los pasajeros subiendo y bajando en los lugares donde se realizaron las encuestas, datos que alimentaron el modelo de simulación EMME/3. Con este mismo modelo se determinaron los pasajeros transportados en la interestación más cargada que resultan de los pasajeros que suben y bajan en cada estación en la hora de máxima demanda por la vía más cargada, cuyo valor es de 13,060 pasajeros por hora sentido. La relación de este valor y el total de pasajeros al día es de 5.2%.

Para las horas de máxima demanda (HMD) y la interestación más cargada (IMC) del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano, se obtuvieron los datos que se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14. Pasajeros diarios, anuales y en la Interestación Más Cargada en el Sistema 2**

Concepto	1º año operación	28º año operación
Pasajeros al año (miles pax/año)	77,750	127,899
Pasajeros diarios (miles pax/día)	250.00	411.25
Interestación Mas Cargada (miles pax/h-sentido)	13.06	21.47

### ***i. Metas anuales***

Con base en los supuestos arriba mencionados, se consideró un crecimiento de la demanda de 2.15% anual durante los primeros 15 años de operación del proyecto y de 1.15% anual a partir del año 16 de operación y hasta el final de la concesión, de conformidad al estudio elaborado por MEXISTRA, SYSTRA, SINTRA<sup>24</sup>.

**Tabla 15. Pronóstico de la Demanda.**

Año	Pasajeros diarios	Pasajeros en HMD	Pasajeros Interestación más cargada	Pax anuales
2011	250,000	22,556	13,057	77,750,000
2016	278,056	25,088	14,522	86,475,335
2021	309,260	27,903	16,152	96,179,853

<sup>24</sup> MEXISTRA, SYSTRA, SINTRA. Ferrocarril Suburbano del Valle de México. Sistema 2 Martín Carrera – Jardines de Morelos. Informe Final. Septiembre 2007.

2026	343,966	31,034	17,964	106,973,440
2031	370,549	33,433	19,353	115,240,776
2036	399,187	36,017	20,848	124,147,044
2038	411,252	37,105	21,478	127,899,389

Como resultado de la simulación efectuada con el modelo EMME/3, sobre la movilidad de la población en la zona de estudio, se determinaron los ascensos – descensos en las estaciones propuestas y los pasajeros abordo en el primer año de operación. Se determinó que la interestación que transportará el mayor número de pasajeros será entre las estaciones Santa Clara-El Cardonal, con dirección a Martín Carrera en la Hora Pico Matutina. Se ilustra en la siguiente tabla:

### **Análisis de la capacidad de los trenes**

Para el cálculo del número de trenes necesarios para satisfacer la demanda de usuarios del sistema en la hora de máxima demanda del día, se realizó el estimado de la carga máxima en dicho periodo. Con la capacidad de oferta de los trenes, aunado a la frecuencia de salida y distancias recorridas por tren, se elaboró la tabla siguiente que indica el número de trenes que se van requiriendo a través del tiempo para poder brindar el servicio a los usuarios.

Se consideró que los trenes estarían formados con una EMU (Unidad Eléctrica Múltiple) compuesta de 4 coches, que la capacidad de cada coche es de 280 personas por lo que cada EMU tendría la capacidad de transportar 1,120 personas, así mismo se consideró que la velocidad comercial del Ferrocarril Suburbano sería de 60 km/h, que la longitud de la vuelta es de 41 km., por lo que la duración de la vuelta ascendería a 41 minutos.

Conociendo la capacidad de pasajeros por tren y la movilidad en la hora pico, se determina el intervalo entre trenes, el cual se va reduciendo año tras año de acuerdo a la tasa de crecimiento de la demanda, hasta llegar a un límite admisible de intervalo mínimo por razones de seguridad. Para continuar satisfaciendo el crecimiento de la demanda se hace necesario la adquisición de EMU's para aumentar la oferta de transporte y satisfacer este exceso de demanda.

### ***j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación***

Los beneficios que se identificaron con la realización del proyecto, fueron cuantificados y valorados sobre la base de las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto en un horizonte de evaluación de 30 años.

Se consideraron como beneficios los siguientes:

- Ahorros en costos de operación vehicular
- Ahorros en tiempo de los usuarios del transporte
- Ahorro en emisiones contaminantes

#### **Ahorros en costos de operación vehicular**

Se consideró que bajo la situación actual, sin proyecto, la demanda de transporte de personas que captaría el proyecto de línea de Ferrocarril Suburbano Martín Carrera-Jardines de Morelos es satisfecha mediante un sistema de transporte a base de autobuses, microbuses y combis.

En la situación sin proyecto se incurre en un costo anual de operación y mantenimiento de dicho sistema de autobuses para la demanda actual. El costo anual de operación y mantenimiento de dicho sistema se estimó calculando el número requerido de autobús-km anual para dar satisfacción a la demanda. Por otra parte se estimaron los costos vehiculares unitarios de operación y mantenimiento, que por el número de unidades que hoy dan el servicio se obtuvieron los costos totales de la operación y mantenimiento del sistema de transporte público.

El costo anual de su operación, se calculó considerando el costo individual de operación de un vehículo – km, tomando como base el costo de operación de: autobuses (\$ 5,46 pesos/ vehículo – km), microbuses (\$ 4,32 pesos/ vehículo – km) y combis (\$ 3,05 pesos/ vehículo – km)<sup>25</sup>, ajustado por 10% para que sea representativo del costo de operación de estos vehículos en zona urbana y multiplicado por el número de kilómetros operados por día laborable, 200 km/día, multiplicado por el número de días laborables por año (311, días laborales equivalentes al año).

La realización del proyecto traerá consigo la reducción de los vehículos-km de transporte público. Las reducciones fueron estimadas con base en los vehículos-km calculados para satisfacer la demanda que tomaría el Ferrocarril Suburbano. Para los años siguientes se supone una tasa de crecimiento igual a la tasa de crecimiento del número de pasajeros

Como se muestra en la siguiente tabla, los beneficios son equivalentes a evitar los costos mostrados en la misma

**Tabla 19. Ahorros en Costos de Operación Vehicular  
(Millones de pesos de 2008)**

<b>CONCEPTO</b>	<b>1º año Operación</b>	<b>5º año Operación</b>	<b>10º año Operación</b>	<b>15º año Operación</b>	<b>20º año Operación</b>	<b>28º año Operación</b>
Ahorro en Costos de Operación y Mantenimiento de Autobuses	703.13	765.58	851.50	923.18	994.53	1,120.33

No se estimaron beneficios adicionales debido a que los costos unitarios de operación y mantenimiento del sistema de autobuses dependerán de la velocidad promedio de operación futura, la cual se deteriorará si no se realizan obras viales de incremento en capacidad (carriles exclusivos para los autobuses).

### **Ahorros en tiempo de los usuarios del transporte**

<sup>25</sup> Fuente: Instituto Mexicano del Transporte. Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano. 2006. José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido. Publicación Técnica No. 282. Sanfandila, Qro, 2006

En la situación actual, sin proyecto, durante su operación los autobuses transportan a los usuarios a una velocidad comercial promedio de 15 km/h y la velocidad comercial del ferrocarril suburbano será de 60 km/h. De manera que las ventajas por ahorros en tiempo de los usuarios en la situación futura con proyecto se deberían al menor tiempo de traslado en el ferrocarril suburbano, con una diferencia estimada de 40 minutos aproximadamente.

Por otra parte, para valorar el tiempo ahorrado de los usuarios fue de \$11.23 por hora, de acuerdo a las características económicas de los pasajeros.

A continuación se detalla la manera en que se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje.

Este cálculo, toma en cuenta los datos obtenidos de las encuestas realizadas entre la población de la zona de influencia del Sistema 2, y son principalmente:

- La distancia media del viaje por el pasajero en el Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano que fue determinada en 12.24 km.
- La velocidad comercial (Vel\_ComS2) a la que operará el tren del sistema 2 del Ferrocarril Suburbano que es de 60 km/h.
- La misma distancia media del viaje (DMV), 12.24 km, por el pasajero en el sistema de transporte público de la zona de influencia del Sistema 2.
- La velocidad comercial (Vel\_Com\_tp) a la que opera el sistema de transporte público de la zona de influencia del Sistema 2 de acuerdo a las observaciones realizadas en campo, se encuentra entre 10 y 20 km/h, por lo que se consideró un promedio de 15 km/h para todos los cálculos.
- El valor del tiempo considerado por la población asentado en la zona de influencia del Sistema 2, que es de \$ 11.23 pesos/h (vt).

El tiempo de viaje se determina: dividiendo la distancia media del viaje entre la velocidad comercial del vehículo, en que se realiza, expresado en horas.

$$tv = DMV / Vel\_Com$$

El ahorro en tiempo, se calcula de la resta de tiempos de los dos transportes a comparar expresado en horas.

$$atv = tv\_tp - tv\_S2 = 36.72 \text{ minutos}$$

atv: ahorro de tiempo de viaje

tv\_tp: tiempo viaje sin proyecto

tv\_S2: tiempo viaje con proyecto

El ahorro en tiempo por año se calcula mediante el producto del ahorro de tiempo por viaje por el número de viajes al año realizados en el Sistema 2, expresado en horas.

$$\text{ata} = \text{atv} * \text{nva}$$

ata: ahorro de tiempo por año

nva: número de viajes al año

El beneficio por ahorro de tiempo al año, expresado en pesos se calcula multiplicando el ahorro de tiempo anual por el valor del tiempo por hora reconocido por la población de la zona de influencia del Sistema 2.

$$\text{bata} = \text{ata} * \text{vt}$$

bata: beneficio por ahorro de tiempo al año

vt: valor del tiempo

Para los años siguientes se supone una tasa de crecimiento igual a la tasa de crecimiento del número de pasajeros. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 23. Ahorros en Tiempo de los Usuarios**  
(Millones de pesos)

CONCEPTO	1º año Operación	5º año Operación	10º año Operación	15º año Operación	20º año Operación	28º año Operación
Ahorros en tiempo de los usuarios	534.36	581.82	647.11	719.73	780.32	879.02

No se estimaron los ahorros en tiempo que tendrían los usuarios de los pasos vehiculares elevados sobre las vías del ferrocarril suburbano que serían construidos para evitar interferencias entre el tráfico vial y el tráfico de trenes.

### Ahorros por reducción de emisiones contaminantes

La realización del proyecto traerá consigo la reducción de los vehículos-km de transporte público a base de autobuses y microbuses de otras unidades de menor capacidad ya que la demanda antes mencionada será atendida por un sistema electrificado de transporte ferroviario no contaminante.

Para el cálculo de los beneficios por ahorros en emisiones contaminantes, se partió de las emisiones de CO2 por tipo de unidad que presta el servicio de transporte público, considerando las siguientes emisiones<sup>26</sup>:

- Autobuses emiten 600 gr/km
- Microbuses emiten 520 gr/km
- Combis emiten 270 gr/km

<sup>26</sup> Fuente: Conférence Européenne des Ministres. Transports et Émissions de CO2: Quels Progrès?. Document de Synthèse.OCDE

Se consideró que estas unidades recorren 200 km al día (considerando que la longitud del tramo es de 20 km, si el autobús va a una velocidad promedio de 20 km/h tomando en cuenta las horas valle el tramo lo recorre en 1 hora, si trabajan 10 horas al día recorren aproximadamente 200 km.), que el número de días equivalentes al año es de 311 días laborales al año (considerando que hay 261 días hábiles al año, que los sábados se transportará el 60% de los pasajeros de un día hábil y el domingo el 40% de los pasajeros de un día hábil, lo que representa un volumen equivalente de pasajeros a los transportados en 52 días hábiles, menos 2 días festivos al año en los que no se prestará el servicio) y que el costo de la tonelada de CO2 es de \$25 dólares la tonelada<sup>27</sup>, que es consistente con el valor otorgado a la tonelada de CO2 usada en el cálculo de la rentabilidad social del Sistema 3 que utilizó €16/tonelada en el caso del CO2, ya que es el compuesto contaminante que utiliza como referencia dentro del mercado de emisiones.

Las reducciones fueron estimadas con base en los vehículos-km calculados para satisfacer la demanda que tomaría el Ferrocarril Suburbano. Para los años siguientes se supone una tasa de crecimiento igual a la tasa de crecimiento del número de pasajeros

El proyecto es compatible con los ordenamientos de reducción de emisiones recomendados por los Programas de Manejo de la Calidad del Aire en la ZMVM, elaborado por la Comisión Ambiental Metropolitana y SEMARNAT. La reducción de emisiones se da por la sustitución de la planta vehicular actual por un nuevo servicio ferroviario electrificado, prácticamente de “cero emisiones” al medio ambiente, salvo las requeridas indirectamente para la generación de energía eléctrica en las plantas generadoras.

Las etapas subsecuentes del proyecto deben incluir una manifestación de impacto ambiental puntual, a partir de los detalles del proyecto ejecutivo de las obras de confinamiento, tanto para la etapa de construcción como de operación.

El valor monetario de dicho beneficio se consigna en la siguiente tabla:

**Tabla 24. Beneficios por Reducción de Emisiones Contaminantes  
(Millones de pesos de 2008)**

<b>CONCEPTO</b>	<b>1º año Operación</b>	<b>5º año Operación</b>	<b>10º año Operación</b>	<b>15º año Operación</b>	<b>20º año Operación</b>	<b>28º año Operación</b>
Beneficios por reducción de emisiones contaminantes	18.72	20.38	22.67	25.21	27.34	30.79

## **Total de beneficios del Sistema 2**

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los beneficios asociados a la puesta en marcha del Sistema 2

**Tabla 25. Total de Beneficios Asociados al Sistema 2  
(Millones de pesos de 2008)**

<b>Concepto</b>	<b>1º año Operación</b>	<b>5º año Operación</b>	<b>10º año Operación</b>	<b>20º año Operación</b>	<b>28º año Operación</b>

<sup>27</sup> Fuente: Factor CO2 <http://www.factorco2.com/cms/index.php>

Ahorro en tiempo de los usuarios	534.4	581.8	647.1	780.3	879.0
Ahorro en costos de operación y mantenimiento	703.1	765.6	851.5	994.5	1,120.3
Beneficio por ahorro en emisiones contaminantes	18.7	20.4	22.7	27.3	30.8
TOTAL	1,256.2	1,367.8	1,521.3	1,802.2	2,030.1

### ***k. Descripción de los aspectos más relevantes de las evaluaciones técnica, legal y ambiental del proyecto***

#### **Factibilidad técnica**

Los estudios técnicos (de Prefactibilidad Técnica – Financiera para el proyecto del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM en el año 2006 y el Gobierno del Estado de México estudios complementarios en 2007) que se realizaron para la configuración técnica del proyecto, incluyen su localización, el proceso de operación, su conectividad con el sistema de transporte, las obras de vía necesarias, la capacidad de transporte de la oferta, la estimación de los costos de inversión, el cronograma de obra e inversiones, la valoración y análisis de los costos de operación y mantenimiento, las fuentes de recursos para la inversión tanto privada como pública, así como la duración de la vida del proyecto.

Dentro de los estudios mencionados anteriormente, se encuentran la selección del trazo, elegido entre tres alternativas distintas, que utiliza la línea conformada por el paso del ferrocarril México - Veracruz que atraviesa el municipio de Ecatepec en el sentido sur-norte con dos líneas paralelas hasta el km. 25 y se desvía posteriormente al oriente al llegar a Jardines de Morelos y la vía “YH” que se encuentra cortada o con importantes invasiones en el derecho de vía, en la delegación Gustavo A. Madero.

En relación con el proceso de operación, el proyecto dispondrá de instalaciones en materia de talleres de mantenimiento mayor y menor, centro de control de tráfico, estaciones, sistemas de boletaje, sistema de catenaria electrificada, subestaciones eléctricas, patios de maniobras, taller de maquinaria, vías de pruebas, laderos, puentes ferroviarios, y obras civiles para el confinamiento del ferrocarril que garanticen la seguridad de los servicios.

En lo que se refiere a la conectividad del Sistema, el proyecto dispondrá de centros de transferencia de pasajeros en cada una de las estaciones y terminales, para la adecuada conectividad con los sistemas de autotransporte público, que actuarán como rutas alimentadoras y de desalojo de los usuarios del servicio, además de las modernas interconexiones con los sistemas de transporte público masivo de Metro y Metrobuses, además de las consideraciones básicas de interconexión con los sistemas 1 y 3 del Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Las obras de vía se describen como todas aquellas obras civiles que se tendrán que construir para el confinamiento de los servicios, la convivencia, en su caso, de carga y

pasajeros, y también para la mitigación de los impactos urbanos y viales, así como para la adecuada integración del proyecto con su entorno, como las obras aledañas al Gran Canal.

El dimensionamiento básico de la capacidad de transporte de la oferta, consiste en la selección adecuada del equipo rodante, integrado por coches de tracción y coches de arrastre, conformados en trenes de servicio, denominados unidades electromotrices o bien EMU's, para satisfacer la demanda estimada de transporte de pasajeros propuesto en el Sistema 2, del orden de 250,000 pasajeros por día en su primera etapa de Jardines de Morelos a Martín Carrera, incluyendo las consideraciones para atender la demanda de transporte que podrá surgir en el futuro, a lo largo de la concesión.

La vigencia de la concesión del proyecto será de 30 años, lo cual quedará claramente establecido en el título de concesión que otorgue la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, previo proceso de licitación. Al término de la concesión, los bienes inmuebles concesionados revertirán a la Nación en buen estado operativo y de conservación, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas respectivas y sin costo alguno para el Gobierno Federal.

#### Control del tránsito para la protección de obras y mitigación de afectaciones vehiculares y peatonales.

Los gobiernos Federal, del Estado de México y del Distrito Federal supervisarán que tanto en la elaboración de los proyectos ejecutivos, como en el desarrollo de todas las obras de infraestructura que se desarrollen en la vía pública, se instrumenten y apliquen todas las especificaciones técnicas establecidas en las normas y manuales de dispositivos para el control de tránsito y planes de desvío que se utilizan en la protección de obras y mitigación de afectaciones vehiculares (entre otros el "manual de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras", el manual denominado "práctica recomendada para el señalamiento horizontal en calles y carreteras", y las "normas de señalamiento horizontal y vertical" n-py-car-10-01-001 al 009, editadas por la S.C.T. Federal), para informar, advertir, reglamentar y proteger a conductores, peatones y obreros en las zonas donde se desarrollan obras de construcción, mantenimiento, reparación y cualquier otra actividad para los servicios públicos en las vías de circulación. Para lograr lo anterior, se emplean los dispositivos de: Señalamiento vertical y marcas sobre el pavimento; Dispositivos de canalización; Dispositivos luminosos y Señalamiento manual.

Además de lo anterior, se apoyará durante el desarrollo de las obras, con elementos de seguridad pública, tanto del ámbito federal, estatal como municipal

#### **Factibilidad legal**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 26, establece que el Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y democracia política, social y cultural de la nación.

El Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012, establece como uno de sus criterios centrales el desarrollo regional, para lo cual el Ejecutivo Federal ha propuesto fortalecer el federalismo y responder a la demanda social de una distribución más adecuada de atribuciones y recursos entre los órdenes de gobierno, con énfasis en facilitar que cada región sea la principal artífice de su propio desarrollo, para promover planes y proyectos concretos.

Conforme a los artículos 33 y 34 de la Ley de Planeación, el Ejecutivo Federal podrá convenir con los gobiernos de las entidades federativas, satisfaciendo las formalidades que en cada caso procedan, la coordinación que se requiera para que dichos gobiernos participen en la planeación nacional del desarrollo; coadyuven, en el ámbito de sus respectivas jurisdicciones, a la consecución de los objetivos de la planeación nacional, y para que las acciones a realizarse por la Federación y las Entidades, se planeen de manera conjunta.

Así como lo establecido en el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007 – 2012. Y las facultades para el otorgamiento de concesiones y permisos a particulares para construir, operar y explotar vías férreas que le confieren la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.

En razón de la conurbación entre los municipios del Estado de México y el Distrito Federal, se suscribió el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, aprobado el 13 de marzo de 1998, por los entonces Jefe de Gobierno del Distrito Federal y el Gobernador del Estado de México; programa en el que se establece entre sus acciones estratégicas, la definición y ejecución del programa de trenes radiales, iniciando con la reutilización de los derechos de vía del ferrocarril para el traslado masivo de pasajeros.

En términos de lo previsto por los artículos 115, fracción VI y 122 base quinta, apartado G, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Federación, el Gobierno del Estado de México y el Gobierno del Distrito Federal, están facultados para celebrar convenios tendientes a la planeación del desarrollo de su zona conurbada.

El Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el marco de la reestructuración del Sistema Ferroviario Mexicano, conjuntamente con los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, y con el propósito de satisfacer las necesidades de transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México, han considerado la necesidad de desarrollar los proyectos del Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México, en las primeras etapas de los sistemas 2 y 3, zonas Ecatepec-Martín Carrera y Chalco-La Paz, respectivamente, previos estudios técnicos, y llevar a cabo las acciones requeridas para facilitar y agilizar los trámites y el otorgamiento de los permisos, licencias y autorizaciones relacionadas con las obras a construir en los proyectos, así como la interconexión con el Sistema de Transporte Colectivo Metro y el reordenamiento del transporte público a lo largo del recorrido del Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México, previa presentación de los proyectos ejecutivos correspondientes.

Durante el proceso de licitación del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano, es aplicable la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, así como durante la vigencia de la

concesión, en tanto que durante los años que dura la construcción de las diversas obras civiles y ferroviarias que integran el proyecto se aplicaría, además de estos dos instrumentos legales, la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

Debido a los muy amplios beneficios que generaría el proyecto en la calidad de vida de la población en materia de ahorro de tiempo de transporte a usuarios, tarifas equivalentes a las actuales, mayor seguridad y confort en los servicios al usuario, reducción de tráfico y congestionamientos vehiculares, reducción de emisiones contaminantes, reducción de accidentes, disponibilidad de un sistema de transporte masivo, moderno, electrificado y confinado, menor consumo de combustibles fósiles, menores niveles de ruido ocasionados por el numero de vehículos, mejoramiento en el desarrollo urbano ordenado y mayor desconcentración de la ZMVM, todos estos factores positivos para la población no permiten prever que se tengan problemas sociales que impidan la ejecución del proyecto.

La SCT ha firmado un convenio de coordinación de acciones para impulsar el desarrollo de los proyectos del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM en las primeras etapas de los Sistemas 2 y 3, documento de fecha 11 de julio del 2007, con el gobierno del Estado de México.

También la SCT ha logrado alcanzar la firma de convenios de coordinación de acciones, documento de fecha 31 de agosto del 2007, con los gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, para impulsar y apoyar el desarrollo de los ferrocarriles suburbanos de la ZMVM en las primeras etapas de los Sistemas 2 y 3. Por lo tanto, el proyecto se considera legalmente factible.

### **Factibilidad ambiental**

El proyecto consiste en implementar un sistema de transporte masivo de pasajeros por medio de ferrocarriles eléctricos, que sustituirá, eventualmente, a un cierto número de unidades vehiculares de baja capacidad (autobuses, microbuses y combis), suficientes para movilizar mas de 80 millones de pasajeros al año, con un recorrido medio de aproximadamente 12.24 km., que dejarían de circular y de liberar emisiones contaminantes al medio ambiente.

La acción del proyecto tiene su principal incidencia sobre el factor ambiental, reduciendo principalmente la emisión de gases de HC, CO, NOx, SOx, partículas en suspensión, CO2, CH4 y N2O, las cuales se estiman en un total de aproximadamente 68,000 toneladas anuales de gases y partículas contaminantes. De prevalecer la situación actual, sin proyecto, se continuaría liberando a la atmósfera estos contaminantes, en perjuicio de la calidad del aire de la zona Norte - Oriente del Estado de México y la zona Norte – Este del Distrito Federal, y de la salud de la población aledaña.

Algunos otros beneficios adicionales en materia ambiental, no cuantificados pero de importancia para la calidad de vida de la población, es la que se refiere a un menor nivel de ruido por la sustitución de las unidades de transporte de baja capacidad, por un sistema de transporte masivo silencioso, además de que al disminuir dicho tráfico, se reducen también los derrames incontrolados de aceite automotor al subsuelo.

Para cada obra civil requerida para el desarrollo del proyecto del Sistema 2 del Tren Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México, se deberá contar con la Manifestación de Impacto Ambiental, misma que será elaborada por empresa reconocida y acreditada en el medio.

Por lo que se refiere a los trámites necesarios para la realización de las obras, estos deben ser gestionados ante las autoridades correspondientes según la ubicación de las obras, ya que pueden ser autoridades delegacionales en el Distrito Federal o municipales para el caso del Estado de México, así como con dependencias de estas mismas instancias.

### ***l. Derechos de vía***

Los derechos de vía por los cuales transitará el Tren Suburbano del Sistema 2 corresponden al dominio público de la federación, tanto en la parte que corresponde a los derechos de la vía férrea que utilizará dicho sistema, como a los tramos de la Av. San Juan de Aragón y Av. Gran Canal y el derecho de vía ferroviario de la vía S, que serán compartidas con el Tren Suburbano.

### ***m. Costo total del Proyecto***

Los costos que se identificaron con la realización del proyecto, fueron cuantificados y valorados sobre la base de las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto en un horizonte de evaluación de 30 años.

El monto de la inversión sin IVA para el tramo Martín Carrera - Jardines de Morelos se estima en \$5,318.1 millones de pesos. Estas inversiones incluyen todos los subsistemas electromecánicos, las obras civiles e inducidas, el material rodante y los gastos preoperativos y de puesta en marcha, se contempla que la inversión inicial se realizará en los dos primeros años de la concesión, así como una inversión adicional a realizarse en el séptimo año de operación.

### ***n. Las fuentes de recursos, calendarización y distribución***

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes otorgará concesión a una sociedad mercantil mexicana, previo proceso de licitación dentro del marco jurídico aplicable, para construir la infraestructura ferroviaria y equipar el proyecto, así como para prestar el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en la ruta. Se contempla que esta Secretaría seleccionará al licitante cuya proposición sea solvente y represente las mejores condiciones económicas para el Estado, en términos del menor Factor de Referencia que resulte de la tarifa propuesta.

En adición a la infraestructura y equipamiento ferroviarios, se contempla que el Gobierno Federal ejecute obras viales y urbanas para el confinamiento del tren y la alimentación a las terminales de cada estación; y adquiera los terrenos que sean necesarios para las

estaciones y talleres de mantenimiento y sea responsable de la liberación del derecho de vía que requerirá el Proyecto. En estas obras participará directa o indirectamente el Gobierno del Estado de México.

En virtud de lo anterior, el proyecto estaría financiado con una mezcla de recursos públicos y privados, cuyo monto estará en función de los términos definitivos que establezcan las bases de licitación y del resultado de la licitación misma.

Adicionalmente, se contempla que los recursos privados que deba aportar el concesionario sean una mezcla de recursos de capital de riesgo y crediticios. A su vez, la proporción de deuda a capital de dichos recursos privados deberá cumplir las condiciones que al efecto establezcan las bases de licitación.

Inicialmente la aportación del concesionario privado debería de cubrir al menos la inversión en material rodante y no ser menor al 20% del costo de inversión de la concesión, incluyendo dentro de ésta las obras que serán financiadas con recursos públicos y ejecutadas por el concesionario.

**Tabla 32. Aportaciones  
Millones de Pesos de 2008**

<b>Año de Inversión</b>	<b>Recursos Estatales 1_/</b>	<b>Recursos Municipales</b>	<b>Privados</b>	<b>Fideicomis o 2_/</b>	<b>Otras</b>
2009	893.44	-	1,191.23	893.44	-
2010	701.99	-	935.97	701.99	-
Total	1,595.43	-	2,127.20	1,595.43	-

1\_/ Los recursos estatales corresponden al Gobierno del Estado de México.

2\_/ Los recursos federales corresponden al Fideicomiso Fondo Nacional de Infraestructura.

Total del monto planeado **\$ 5,318 millones de pesos.**

### ***o. Supuestos técnicos y socioeconómicos para la evaluación***

Los supuestos técnicos y socioeconómicos considerados para el cálculo de los beneficios se describen en el punto “III. j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación”.

#### **Estructura Tarifaria**

La tarifa utilizada para la estimación de la demanda fue de 6.00 pesos por viaje promedio. Al considerar que la distancia de viaje por pasajero esperada es de 12.24 kilómetros y el costo por kilómetro recorrido es de 0.474 pesos lo que daría una tarifa media que asciende a 5.80 pesos y la tarifa máxima de 9.52 pesos para el tramo completo Martín Carrera-Jardines de Morelos. Para la estimación de la demanda se redondeo a 6.00 pesos por viaje promedio.

### ***p. Infraestructura existente y Proyectos en desarrollo***

El trazo seleccionado tomó en cuenta el proyecto de la autopista Circuito Mexiquense que correrá por el Río de los Remedios. Así como los BRT's proyectados por el Gobierno del Estado de México.

## ***IV. Situación con Proyecto***

### Situación actual

El Sistema 2, en su tramo Martín Carrera - Jardines de Morelos, atraviesa el municipio con mayor población de la ZMVM, que es Ecatepec (1.7 millones de habitantes aproximadamente) y una parte de la Delegación Gustavo A. Madero (1.2 millones de habitantes aproximadamente), corredor en el que se generan 1,296,439 viajes diarios.

El Estudio de Mercado que se elaboró, arrojó los siguientes resultados:

- El 65% de la población utiliza el transporte público.
- La población se desplaza principalmente para trabajar o hacia su hogar
- El 62% de los entrevistados manifestaron tener un ingreso mensual inferior a los 4,000.00 pesos por mes.
- El 78% de la gente entrevistada emplea más de 60 minutos en llegar a su destino final en una dirección, pero el 40% de las personas entrevistadas emplean más de 120 minutos en llegar a su destino final en una dirección
- El valor del tiempo de los usuarios se ubica entre los 11 y 15 pesos por hora, y la media corregida de las encuestas lo ubica en 11.23 pesos por hora.
- Los mayores movimientos realizados por la población en la zona de estudio son generados en el municipio de Ecatepec y los municipios aledaños (Coacalco, Tecámac y Acolman).
- De la zona de Ecatepec el destino con una mayor captación de viajes es la Macrozona denominada DFZ3 con un 17.37% donde está comprendida la Delegación Cuauhtémoc, es decir el centro de la Cd. de México.
- A esta línea de deseo le sigue la zona comprendida por los Municipios de Coacalco, Tecámac y Acolman los cuales generan viajes que concluyen en la Macrozona denominada DFZ3, con un 8.10%
- El 42% de los usuarios paga entre 10.50 pesos y 20.00 pesos, y un 35% paga más de 20 pesos por viaje a su destino final en una dirección, de dónde se estima que la media de la muestra encuestada paga por el viaje en una dirección 15.00 pesos.
- Se estima que los usuarios destinan aproximadamente el 20% de su ingreso al gasto en transporte.

Actualmente la demanda de 1.3 millones de viajes diarios en la zona es atendida por unidades de baja capacidad que tienen 10 o más años de antigüedad y en mal estado de conservación.

El parque vehicular que presta el servicio en la zona esta constituido por una flota de 9,209 vehículos;

- 1,733 Autobuses

- 3,290 microbuses y
- 4,126 combis
- 60 otros

La velocidad promedio del transporte público actual de 15 km por hora.

### El Proyecto

El problema de transporte de pasajeros en la zona de influencia del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM, sólo puede ser satisfactoriamente resuelto mediante la implantación de un sistema de transporte masivo de alta capacidad y de alta calidad de servicio, como lo es un Ferrocarril Suburbano: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender la demanda presente y futura.

El Ferrocarril Suburbano Sistema 2, en su primera etapa, correrá entre Martín Carrera y Jardines de Morelos.

El Título de Concesión establecerá los términos y condiciones conforme a los cuales el servicio público de transporte ferroviario suburbano podrá ampliarse a las rutas de Jardines de Morelos-Teotihuacan, Teotihuacan-Tecamac, Martín Carrera-Buenavista-Naucalpan y Buenavista-Polanco.

Características de la Primera Etapa:

- Longitud: 20.09 km. + 1.0 km. para maniobras.
- Número de Estaciones: Cinco estaciones intermedias y 2 Terminales.
- Distancia promedio entre estaciones: 3.34 km.
- Conectividad con:
- El Sistema de Transporte Colectivo Metro en la Estación Martín Carrera (donde habrá posibilidad de trasbordo con las líneas 4 y 6),
- La línea de BRT que correrá entre Tecámac y Ciudad Azteca, así como con el BRT entre Coacalco y las Américas.

El Ferrocarril Suburbano Sistema ofrecerá un servicio con las siguientes características.

- Horario de Servicio: De las 05:00 a.m. a las 00:30 a.m.
- Intervalo de Operación: Menor a 6 minutos en horas pico y menor a 15 minutos en horas valle.
- Velocidad Comercial de 60 km/h y velocidad máxima de 130 km/h.
- Confort: 20% de pasajeros por coche ira sentado y la densidad de pasajeros de pie será menor a 6 pasajeros/m<sup>2</sup>.
- Tarifa Media: 5.80-6.00 pesos por viaje promedio, equivalente a una distancia de viaje promedio de 12.24 kilómetros y un costo por kilómetro recorrido de 0.474 pesos.
- Tarifa máxima de 9.52 pesos para el tramo completo Martín Carrera-Jardines de Morelos.

En base a las consideraciones anteriores, se estima una demanda de 250,000 pasajeros en día laborable y 77.75 millones de pasajeros en el primer año de operación, que considera como usuario potencial al que actualmente utiliza el transporte público solamente, no incluye la posible captación de pasajeros que actualmente viaja en vehículo privado.

La demanda esperada de pasajeros para la interestación más cargada en la hora de máxima demanda, asciende a 13,057 pasajeros/hora-sentido para el primer año de operación

Se consideró un crecimiento de la demanda de 2.15% anual durante los primeros 15 años de operación del proyecto y de 1.5% anual a partir del año 16 de operación y hasta el final de la concesión

Para ofrecer la calidad de servicio esperado y atender la demanda estimada para el primer año de operación en la interestación más cargada en la hora de máxima demanda, se estimó un requerimiento de 9 trenes formados en EMU (Unidad Eléctrica Múltiple) de 4 coches, con una capacidad por cada coche de 280 personas o 1,120 personas por EMU, más una EMU de reserva, para un total de 10 trenes en operación.

Con esos mismos datos se estimó que a partir del séptimo año de operación se requeriría material rodante adicional y que para atender la demanda esperada hasta el final de la concesión harían falta 5 EMU's.

### Beneficios del Proyecto

Los beneficios que se identificaron con la realización del Proyecto, fueron cuantificados y valorados sobre la base de las situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto en un horizonte de evaluación de 30 años.

Se consideraron como beneficios los siguientes:

- Ahorros en costos de operación vehicular
- Ahorros en tiempo de los usuarios del transporte
- Ahorro en emisiones contaminantes

La puesta en marcha del Sistema 2, en su tramo de Martín Carrera a Jardines de Morelos, proporcionará una movilidad más eficiente en el transporte público de pasajeros, favoreciendo la integración urbana, lo que permitirá disminuir el tiempo de transporte de los usuarios por una mayor velocidad de viaje y contribuirá a la solución de los congestionamientos vehiculares que actualmente se generan en la Carretera México-Pachuca, en el tramo entre la Estación del metro Indios Verdes y la Zona de Xalostoc-Ecatepec-Coacalco-Jardines de Morelos. También implicará el reordenamiento del transporte público en la parte norte de la ZMVM lo que contribuirá no sólo a la solución del congestionamiento vial, sino a la reducción de la contaminación ambiental y del excesivo consumo de energéticos.

El Proyecto permitirá realizar el reordenamiento del transporte público de pasajeros a fin de alimentar a las estaciones y terminales, se tomarán en cuenta las condiciones de la

estructura vial, los resultados del estudio de demanda, sus itinerarios, los permisionarios, el tipo y número de vehículos.

La solución con Proyecto es integral, brinda la capacidad necesaria para atender la demanda actual, a mediano y largo plazo, propicia el mayor beneficio en ahorro en tiempo de viaje de los usuarios, no contaminante y contribuye a resolver el congestionamiento vial de la zona.

## ***V. Evaluación del Proyecto***

Los cálculos de los beneficios y costos, así como la rentabilidad del proyecto están basados en el diseño de un sistema de transporte masivo seguro, competitivo y eficiente, con capacidad superior a 13,057 pasajeros hora-sentido y para transportar un volumen de 250,000 pasajeros/día al inicio de la operación, para el tramo Jardines de Morelos-Martín Carrera (20.09 km. de longitud mas 1 kilómetro de maniobras), de conformidad al estudio de demanda de SYSTRA<sup>28</sup>. Estos 250,000 pasajeros/día son en día laborable, por lo que se consideraron 311 días equivalentes al año, lo cual equivaldría a una demanda anual de 77.75 millones de pasajeros, para el primer año de operación.

Según ese mismo estudio la demanda en el año décimo quinto será de 336,725 pasajeros, lo que implica una tasa de crecimiento de 2.15% anual desde el inicio de la operación hasta ese año. A partir del año 16 la demanda crecerá al 1.5% anual, hasta el final de la concesión. Indicadores de la rentabilidad social.

Para determinar la conveniencia, en términos socioeconómicos, de la realización del proyecto, se procedió al cálculo de los indicadores de rentabilidad, usando los costos y beneficios sociales identificados y cuantificados del Proyecto, para un horizonte económico de 30 años y con un costo económico de oportunidad de los recursos de 12% anual (tasa anual de descuento)<sup>29</sup>.

Se determinaron los valores de los siguientes indicadores que establecen los lineamientos de la UI-SHCP que son:

- Valor Presente Neto Social (ó Valor Actual Neto Social)
- Tasa Interna de Retorno Social
- Relación Beneficio Costo Social
- Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI)

Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 35. Indicadores de Rentabilidad Social del Proyecto.  
(Cifras en millones de pesos de 2008)**

<sup>28</sup> Consorcio MEXISTRA – SYSTRA – SINTRA. Ferrocarril Suburbano del Valle de México. Sistema 2. Martín Carrera – Jardines de Morelos. Estudio de Tráfico y Demanda. 39-D005-C-07.Mod.D. Agosto de 2007

<sup>29</sup> El cálculo y la tasa de descuento usada del 12% esta de conformidad a los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”. SHCP

Indicadores de rentabilidad	Monto Millones de Pesos
<b>Valor Presente de los Costos (VPC)</b>	<b>8,046</b>
<b>Valor Presente de los Beneficios (VPB)</b>	<b>10,418</b>
Valor Presente Reducción de Costos de Operación de Autobuses	5,812
Valor Presente del Tiempo Usuarios	4,451
Valor Presente de la Reducción Emisiones Contaminantes	156
<b>Valor Presente Neto Social (VPB)</b>	<b>2,372</b>
<b>Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)</b>	<b>16.98%</b>
<b>Relación Beneficio/Costo</b>	<b>1.29</b>
<b>Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI)</b>	<b>15.59%</b>

## VI. Análisis de sensibilidad y riesgos

Se analiza los cambios en los indicadores de rentabilidad socioeconómica del proyecto ante ajustes en parámetros específicos.

### Sensibilidad a los beneficios esperados

#### Beneficios Totales

El análisis de sensibilidad a los beneficios totales muestra que estos pueden ser menores hasta en un 23% y alcanzar la tasa de rentabilidad del 12%.

**Tabla 38. Beneficios Totales**

Beneficios Totales	VPN	TIR	TRI	Relación Beneficio Costo
-30%	-754	10.28%	8.95%	0.91
-23%	0	12.00%	10.55%	1.00
-20%	288	12.64%	11.16%	1.04
-10%	1330	14.86%	13.38%	1.17
0%	2,372	16.98%	15.59%	1.29
10%	3,414	19.03%	17.80%	1.42
20%	4,456	21.02%	20.02%	1.55
30%	5,497	22.96%	22.23%	1.68

VPN en Millones de pesos de 2008

### Sensibilidad a los costos

Los costos totales podrían aumentar hasta en un 28% y aún así el proyecto continuaría siendo viable económicamente.

**Tabla 41. Costos Totales**

Costos de Inversión y Op y Mantto	VPN	TIR	TRI	Relación Costo Beneficio
-30%	4,842	25.56%	25.49%	1.87
-20%	4,029	22.12%	21.40%	1.63
-10%	3,206	19.32%	18.19%	1.44
0%	2,372	16.98%	15.59%	1.29
10%	1,526	14.97%	13.44%	1.17
20%	670	13.22%	11.63%	1.07
28%	0	12.00%	10.40%	1.00
30%	-198	11.66%	10.07%	0.98
40%	-1076	10.25%	8.72%	0.91

VPN en Millones de pesos de 2008

**Sensibilidad a la Demanda**

El número de pasajeros podría ser menor en un 28% (70 mil pasajeros diarios menos) y aún así el proyecto continuaría siendo viable económicamente.

**Tabla 42. Sensibilidad a la Demanda**

Variación de la Demanda	VPN	TIR	TRI	Relación Beneficio Costo
-30%	-192	11.55%	9.86%	0.97
-28%	0	12.00%	10.31%	1.00
-20%	754	13.72%	12.14%	1.1
-10%	1426	15.06%	13.41%	1.18
0%	1,372	16.98%	15.59%	1.29
10%	3,179	18.43%	17.16%	1.38
20%	3,988	19.80%	18.73%	1.47
30%	4,832	21.14%	20.17%	1.55
40%	5,642	22.36%	21.61%	1.63

VPN en Millones de pesos de 2008

**VII. Conclusiones**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) del Gobierno Federal ha venido trabajando conjuntamente con las Secretarías de Comunicaciones y la de Transporte del Gobierno del Estado de México, en la definición de los aspectos técnicos necesarios para la preparación de la licitación que llevará a cabo el Gobierno Federal para el otorgamiento de una concesión para prestar el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en el Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM, en su tramo de Jardines de Morelos - Martín Carrera, en un contexto que implica la reorganización de toda la oferta del transporte de superficie en la zona de influencia de la línea de suburbano, con la intención de que los sistemas de transporte sean complementarios, permitiendo así optimizar tanto los beneficios a los usuarios como el uso de los recursos federales y estatales.

El problema de transporte de pasajeros en la zona de influencia del Sistema 2 del Ferrocarril Suburbano de la ZMVM, sólo puede ser satisfactoriamente resuelto mediante la implantación de un sistema de transporte masivo de alta capacidad y de alta calidad de servicio, como lo es un Ferrocarril Suburbano: seguro, rápido, confiable, accesible, competitivo en costo, eficiente y no contaminante, con capacidad para atender la demanda presente y futura.

La implantación de este Sistema 2 permitirá aliviar, además, la problemática que presenta el transporte en la parte nororiente de la Zona Metropolitana del Valle de México y en particular el paradero de Indios Verdes.

Los resultados obtenidos del Análisis Costo – Beneficio permiten asegurar que el proyecto es socioeconómicamente viable y tendrá una contribución determinante al mejoramiento de la problemática de transporte en la región nororiente de la ZMVM.

Los análisis de sensibilidad realizados sobre las variables estratégicamente más relevantes, indican que el proyecto soporta variaciones significativas al alza en costos y a la baja en beneficios sin afectar su viabilidad

Los compromisos y las acciones oportunas a nivel federal, estatal y municipal, son elementos fundamentales para lograr la cristalización exitosa del Proyecto.

De igual forma, será fundamental la participación del capital privado en el diseño, ejecución, operación y financiamiento del Proyecto.