

Capítulo 5

Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros

Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros

En este capítulo se pretende dar a conocer el documento en el cual se basa la construcción de la Línea 12 del metro de la Ciudad de México, así como las principales características que tendrá en su operación, logrando con esto poder visualizar el modelo que se usara en la modelación de la demanda de este medio de transporte.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ha crecido aceleradamente desbordándose hacia su periferia, lo cual ha significado en la actualidad una conurbación de 56 municipios del Estado de México. Ello ha repercutido en un incremento significativo en las distancias de los desplazamientos de tránsito, en un incremento en la demanda de los viajes en los servicios públicos de transporte, así como en un crecimiento acelerado de los vehículos anuales adicionales tanto en el DF como en su área conurbada:

En la ZMVM, la demanda de transporte público masivo es una de las más amplias y de mayor crecimiento. En los últimos años se ha incrementado la inmovilidad al ser la velocidad media del transporte público de sólo 15 Km. /hrs. La ausencia de una oferta eficiente de transporte público tiene un efecto negativo en la calidad de vida y economía de las familias con la pérdida de las horas-persona.

El crecimiento del parque vehicular, con más de 200 mil nuevos automotores en el DF por año, hace que año tras año los tiempos de recorrido del transporte privado sean más grandes con la consecuente pérdida de tiempo para los capitalinos. La tendencia de motorización a la alza no sólo limita la capacidad del gobierno para ampliar el servicio de transporte público moderno que ofrezca seguridad y confort a la población, sino que ha provocado que el parque vehicular crezca a ritmos difícilmente alcanzables para incrementar la infraestructura vial

La problemática, en suma, tiene que ver con una alta congestión en la Ciudad de México debido al aumento del parque vehicular y a la falta de opciones de transporte público eficiente. Dicha congestión aumenta el tiempo de traslado de las personas hacia actividades productivas, genera costos a la sociedad porque tiene que financiar la ineficiencia del transporte público actual y genera elevados costos sociales en materia de contaminación atmosférica (INE, 2006; Banco Mundial-Medec, 2008).

Para poder entender mejor la problemática en la ciudad debido a la demanda de transporte masivo en los últimos años, tenemos que adentrarnos en el tema del

Sistema de Transporte Colectivo, ya que es importante conocer la historia que transcurre a lo largo de la construcción del metro en la Ciudad de México y podremos visualizar un campo más grande en la planeación que se tendrá que tomar en cuenta para poder seguir creciendo en este modo de transporte.

5.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro en la ZMVM

El Metro de la Ciudad de México es uno de los sistemas de transporte más utilizados en el mundo, excedido sólo por los de Moscú y Tokio.

La propuesta para construir el metro en la capital mexicana surge en los años cincuenta, pero no sería hasta la regencia de Alfonso Corona del Rosal cuando se da la luz verde para la construcción de un sistema de transporte masivo para la Ciudad de México.

El 29 de abril de 1967 se decreta en el Diario Oficial de la Federación la construcción del metropolitano de la Ciudad de México, controlado por una entidad dependiente del entonces Departamento del Distrito Federal, denominado "Sistema de Transporte Colectivo". La construcción iniciaría el 19 de junio del mismo año.

Es hasta dos años después, el 4 de septiembre de 1969, cuando se inaugura el primer tramo de 11.5 kilómetros y 16 estaciones, entre las estaciones Zaragoza y Chapultepec. En el transcurso de los dos siguientes años, se inaugurarían las líneas dos y tres, así como ampliar la existente línea uno hasta su presente terminal en Observatorio.

Desde ese entonces, el metro de la Ciudad de México ha estado expandiéndose constantemente.

El Sistema de Transporte Colectivo –Metro- (STC-Metro-) es el organismo encargado de la operación de este sistema. Para el año de 2006 contaba con 175 estaciones de las cuales 41 corresponden a estaciones de correspondencia. Asimismo, existen 11 estaciones terminales de correspondencia que figuran como nodos de captación o ruptura de carga. El contar con un elevado número de correspondencias y estaciones terminales con correspondencia permite agilizar el traslado de pasajeros e integrar los trayectos en el área de cobertura total, que prácticamente todas las áreas de concentración poblacional dentro del D.F. Existen 106 estaciones subterráneas 53 superficiales y 16 elevadas. Transporta diariamente 4 millones 356 mil pasajeros en día laborable en 116 mil kilómetros de recorrido.

El Metro brinda un servicio eléctrico estratégico no contaminante de transportación pública. El STC-Metro presta un servicio crucial a la población, principalmente a la de bajos ingresos debido al significativo subsidio que otorga a sus usuarios. Durante el año 2010 el subsidio otorgado por el Gobierno del Distrito Federal superó los 4 mil millones de pesos, prestando un importante apoyo a la economía de las familias de menores ingresos del DF y a los usuarios de los municipios conurbados que abordan las líneas del STC.

La red del Metro tiene conexiones todos los medios de transporte público lo cual proporciona fluidez de movimiento de pasajeros en distancias y áreas de cobertura importantes. El Metro tiene correspondencia con el Tren Ligero a través de la Línea 2 en la estación Taxqueña. Asimismo, también tiene correspondencias con corredores viales de Metrobús en varias estaciones (Glorieta Insurgentes, Estación Chilpancingo, Indios Verdes). También, el Metro tiene comunicación con el Ferrocarril Suburbano del Valle de México con las estaciones Buenavista (Línea B)

5.1.1 Líneas del Sistema Metro.

El Metro brinda un servicio eléctrico estratégico no contaminante de transportación pública mediante una red de 11 líneas, el trazo definitivo de cada línea se obtiene tomando en cuenta: el subsuelo, las instalaciones subterráneas de servicios públicos de la zona, los monumentos históricos cercanos, los restos arqueológicos ocultos, las características demográficas de los puntos que enlazan, entre otras. A continuación se hablara de cada una de estas líneas de forma general y con el fin de conocer un poco el contexto en el cual se insertara la, próximamente Línea 12 que contará con 24.5 Km.; se planeó para cubrir la movilidad en la urbe de oriente a poniente, beneficiando a 400 mil personas habitantes de las delegaciones más pobladas y de mayor crecimiento en el DF. Esta línea cuyo color distintivo será el dorado se denominará Bicentenario y será la de mayor longitud en América Latina y la más grande en construcción a nivel planetario. Una vez en operación la Línea Dorada permitirá que se dejen de emitir 400 mil toneladas de dióxido de carbono (CO_2) al aire de la metrópoli por año.

- **Línea 1:** Se extiende mayormente por la zona de lago y en su extremo poniente penetra zonas de transición y de lomas denominaciones en las que se ha dividido el subsuelo de la cuenca de México según sus características mecánicas. Fue construida en 1969 y 1972 y luego se le agrego la terminal Zaragoza Pantitlán en 1984



Imagen obtenida de www.metro.com

- Línea 2:** Cruza por el centro histórico de la ciudad de México, de manera que su trazo debió sujetarse a las posibilidades de la organización urbana; incluye un tramo subterráneo de Tacuba a Pino Suárez y otro superficial muy importante, que va de Pino Suárez a Taxqueña. Esta línea está compuesta por 24 estaciones de las cuales una es terminal definitiva, dos son de correspondencia y el resto es de paso. Tiene 23.431 km de longitud.



Imagen obtenida de www.metro.com

- Línea 3:** Terminadas sus ampliaciones la línea 3 alcanzó los 23.609 km de longitud. En la construcción de la continuación de la línea al sur de la estación Zapata fueron utilizados tres tipos de procedimientos: superficial, de 1.5 km en la estación Universidad; 3.4 km de túnel, en las estaciones

Miguel Ángel de Quevedo y Viveros y 1.6 km de subterráneo convencional en Coyoacán y Copilco. Dos de estas estaciones dan ingreso a la UNAM.



Imagen obtenida de www.metro.com

- **Línea 4:** Es una obra de mayor interés pues fue la primera en incluir tramos elevados. Se extiende en una zona con terrenos formados con materiales de alta compresibilidad y poca resistencia al corte: fue resuelta con traveses postensados de sección cajón coladas in situ que se apoyan en un eje central de columnas a claros que varían de 18 a 42.5 m. La obra es de 10.747 km de largo y consta de 10 estaciones.



Imagen obtenida de www.metro.com

- **Línea 5:** Esta fue construida a principio de los años 80s, tiene un nivel intermedio de demanda. Ésta ha venido creciendo poco a poco en los 26 años que tiene en operación. Es que es la única que atiende el aeropuerto y sus transbordos son muy largos. Esto impide que los miles de usuarios que a diario despegan de la Ciudad de México puedan utilizar el metro como forma de acercamiento.



Imagen obtenida de www.metro.com

- **Línea 6:** La construcción de esta línea fue apoyada por el procedimiento de cajón subterráneo mediante excavación a cielo abierto. También se usaron muros Milán y de acompañamiento, troqueles tubulares y de celosía como tabletas prefabricadas. La línea tiene una longitud total de 13.947 km y está conformada por 11 estaciones.



Imagen obtenida de www.metro.com

- **Línea 7:** Entre 1984 y 1988 fueron terminadas las varias etapas de la línea 7. En la construcción de su segunda época se utilizaron dos técnicas; la del método austriaco –que consiste en excavar con maquina rozadora y simultáneamente aplicar el revestimiento de concreto- y la del escudo de frente abierto –con apoyo en la cual la excavación es realizada con el empuje de gatos hidráulicos para luego revestir el terreno con dovelas de concreto.



Imagen obtenida de www.metro.com

- Línea 8:** Está integrada por 19 estaciones. Su trazo se encuentra localizado al centro y suroriente de la Ciudad de México. Tiene dirección oriente-poniente entre las estaciones Constitución de 1917 y Atlalilco, y dirección norte-sur entre Escuadrón 201 y Garibaldi-Lagunilla. Tiene una longitud total de vía de 20,078 kilómetros, de los cuales 17,679 kilómetros son utilizados para el servicio de pasajeros y el restante se emplea para maniobras. El tipo de construcción es superficial en el tramo Aculco-Coyuya y la estación Constitución de 1917; el resto de la línea es de tipo subterránea.



Imagen obtenida de www.metro.com

- Línea 9:** Octava línea en inaugurarse. Está integrada por 12 estaciones. Su trazo se localiza al centro de la Ciudad de México con dirección oriente-poniente. Tiene una longitud de vía de 15,375 kilómetros, de los cuales 13,033 kilómetros son utilizados para el servicio de pasajeros y el restante

se emplea para maniobras. El tipo de construcción es subterráneo en el tramo Tacubaya-Mixiuhca. De Velódromo a Pantitlán es viaducto elevado



Imagen obtenida de www.metro.com

- Línea A:** Las especificaciones de la Línea A son distintas a las habituales en la red del Metro pues los convoyes viajan sobre rodamientos metálicos con alimentación de energía en la línea aérea: esa circunstancia demanda estaciones con espacios diferentes de los construidos para el Metro. La construcción de la línea requirió de dos procedimientos; el primero consistió en estructurar un túnel falso con muros Milán y losas de piso y techo, mientras otro se hizo con estructura de concreto hidráulico en cajón abierto con losa de fondo, muros laterales y muro de seguridad.



Imagen obtenida de www.metro.com

- Línea B:** Se extiende por 23.722 km y tiene 21 estaciones de las cuales seis son subterráneas, once superficiales y cuatro elevadas. En el tramo bajo el nivel medio de las calles se hicieron excavaciones de hasta 12 m

con anchos de 28 m. Este trabajo fue desarrollado por el método de muros tablestaca apuntalados, colado de losa de fondo y colado de muros y losa superior en una sola operación, lo que permitió eliminar tiempos y filtraciones. El tramo elevado se resolvió con traveses pretensados tipo cajón de 24 m de largo que van soportados por pares de columnas de hasta 9 m de altura.



Imagen obtenida de www.metro.com

Entre las características con que cuenta el Metro de la Ciudad de México se encuentra que es el primer sistema que usa símbolos y colores para identificar sus estaciones. El metro de la ciudad de México es el sistema más barato en el mundo, y tiene una de las más grandes estaciones de transferencia en el mundo: Pantitlán, que es terminal de las líneas 1, 5, 9 y A.

En la tala siguiente podemos observar como esta realiza la red, desde la longitud de las líneas hasta el tipo de estaciones con las que cuenta cada uno de los tramos en el sistema⁴¹.

⁴¹ libro "El metro en la Ciudad de México" de fundación ICA

Infraestructura de la Red General de Metro en la Ciudad de México

Líneas del metro	Longitud (km)	Número total de estaciones	Est. de correspondencia	Est. subterráneas	Est. superficiales	Est. elevadas
Línea 1	18.828	20	7	19	1	0
Línea 2	23.431	24	5	14	10	0
Línea 3	23.609	21	6	17	4	0
Línea 4	10.747	10	6	0	2	8
Línea 5	15.675	13	5	4	9	0
Línea 6	13.947	11	4	10	1	0
Línea 7	18.784	14	3	13	1	0
Línea 8	20.078	19	5	14	5	0
Línea 9	15.375	12	5	8	0	4
Línea A	17.192	10	1	1	9	0
Línea B	23.722	21	5	6	11	4

Fuente: Tabla obtenida en el libro "El metro en la Ciudad de México" de fundación ICA

5.2 Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996

La historia del Transporte en la ciudad de México, ha constituido desde siempre un reto y una prioridad para el Gobierno de la Capital. En 1942 vivíamos en el Distrito Federal 1'800 0000 habitantes, distribuidos en una superficie urbana de 99.2 Km² Circulaban 50 mil vehículos y la convivencia entre ciudadanos era tranquila y cordial. Se vivía un ritmo diferente.

En la actualidad, cuando nos aproximamos al siglo XXI y al inicio de un nuevo milenio, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuenta con alrededor de 17 millones de habitantes, una mancha urbana de 1,500 km² y un parque vehicular de 3.5 millones de vehículos.

El transporte urbano de pasajeros así como la planeación y puesta en funcionamiento de este, es sin lugar a dudas uno de los problemas más grandes a los que se enfrentará las grandes ciudades contemporáneas. La Ciudad de México no ha permanecido ajena a esta problemática, misma que se ha visto agravada por una serie de factores de entre los cuales cabe mencionar:

- Crecimiento incontrolado de la mancha urbana.

- Desplazamientos de población a lugares cada vez más alejados entre si
- Falta de planeación en los usos de suelos
- Traza vehicular desarticulada
- Concentración de actividades
- Contaminación del medio ambiente.
- Mala planeación de transporte

Con esta información podemos tener una comprensión clara de los obstáculos que hay que vencer para diseñar una Red de Transporte Público que facilite la movilización de los capitalinos, ofreciéndoles un servicio no contaminante, seguro, eficiente y rápido.

El creciente número de vehículos de servicio individual ha venido a ser otro factor que agrava una situación ya deficiente, ocasionando enormes congestionamientos en casi todas las zonas del Área Metropolitana.

Con el fin de contar con un instrumento de planeación a largo plazo, debidamente sustentado, las autoridades de la ciudad, solicitan realizar un programa maestro de transporte que fuera un instrumento utilizado para determinar metas de movilidad a cubrir por el Sistema de Transporte Colectivo en diferentes horizontes a futuro. Estas metas representan las ampliaciones óptimas del servicio de acuerdo a políticas de desarrollo urbano y posibilidades de ejecución.

El hombre ha vinculado su capacidad de traslado con su propia libertad, con su propia oportunidad de ser y crecer, con su afán de conquista. En nuestro tiempo de traslado para cumplir con nuestras obligaciones cotidianas, el mundo moderno exige más productividad y tiempo para esparcimiento y, en ello, una adecuada planeación del transporte público se constituye como estrategia fundamental para el desarrollo sustentable de una de las ciudades más importantes del orbe.

Por lo tanto podemos definir el Plan Maestro del Metro y Trenes ligeros (PMMTL) como un instrumento rector, de carácter dinámico, para la ampliación sistemática de la red, congruente con el Programa Integral de Transporte y Vialidad 1995-2000 del DF y los planes y programas del Estado de México.

El propósito central de este estudio es determinar un sistema de Metro para el año 2020, que atienda la demanda pronosticada en ese horizonte, en forma tal, que la operación durante las horas de mayor captación, de ser posible, no presente sobrecargas o subutilización en sus líneas; es decir, se debe establecer un sistema equilibrado entre oferta y demanda.

Red de Metro y Trenes Ligeros al año 2020		
LINEA	ORIGEN-DESTINO	KM DE SERVICIO
METRO CON RUEDA NEUMATICA (STC)		
1	Observatorio- Pantitlán	16.654
2	Cuatro Caminos- Taxqueña	20.712
3	Indios Verdes – Ciudad Universitaria	21.279
4	Santa Clara – Santa Anita	14.869
5	Tlalnepantla - Pantitlán	20.284
6	El Rosario – Villa Aragón	17.049
7	El Rosario – San Jerónimo	22.274
8	Indios Verdes – Acoxpa	27.093
9	Observatorio – Pantitlán	14.493
10	Eulalia Guzmán – Cuicuilco	18.64
11	Santa Mónica – Bellas Artes	19.965
12	Santa Lucia – Constitución de 1917	16.622
13	Parque Naucalli – San Lázaro	17.485
B	Hipódromo – Ciudad Azteca	27.736
METRO CON RUEDA METALICA (STC)		
A	Pantitlán – La Paz	14.649
C	Cuautitlán Izcalli – El Rosario	24.9
D	Coacalco/Ojo de Agua – Santa Clara	27.725
TREN LIGERO (STE)		
T-1	Taxqueña – Embarcadero	14.005
T-2	Constitución de 1917 - Chalco	23.84
T-3	Villa Aragón – Emisora	16.76
T-4	Olivar del Conde – E. Constitucionalista	17.13
T-5	Pantitlán – Degollado	14.55
T-6	Pantitlán – Estadio Neza 86	10.56
T-7	Atizapán – El Rosario	9.985
T-8	Estadio México 86 - Emisora	13.38
T-9	E. Constitucionalista – Estadio Neza 86	9.205
T-10	Pirámides – Ciudad Azteca	11.105
Red de Metro		342.429
Red de Trenes Ligeros		140.429
Total		482.949

Fuente: Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996

5.2.1 Definición del concepto del Plan Maestro y descripción del mismo.

Un problema como el del transporte no tiene soluciones integrales inmediatas y para darle soluciones se ha elaborado un plan de vialidad y transporte, este plan contempla la necesidad de mejorar las condiciones en que actualmente se presta servicio de transporte colectivo como una manera eficiente de desalentar el uso del vehículo de transporte individual.

El objetivo que persigue este plan es dirigir los esfuerzos de desarrollo de los diferentes modos de transporte eléctrico hacia metas armónicas, optimizando los recursos, con el objetivo básico de dotar de más y mejor transporte no contaminante a los habitantes del Área Metropolitana de la Ciudad de México.



El desarrollo de una red de transporte colectivo, se va logrando paulatinamente rigiéndose por los resultados y experiencias de los sistemas que la construyen, y de los cuales, por su importancia destaca el Metro, que como es sabido al ser la columna vertebral del sistema de transporte urbano y como tal, debe contar con un programa de ampliaciones sistemático y continuo, pues solo así podrá cumplir su función articulada con los otros medios⁴².

Los trazos ideales que se establecen para ubicar las ampliaciones y las nuevas líneas de una red, están sujetas a modificaciones que son producto de la experiencia obtenida tanto del proyecto como de la construcción y la operación del sistema, tomando también en cuenta las prioridades de servicio a determinadas zonas urbanas, los tipos de subsuelo, las interferencias municipales y su afectación a monumentos históricos.

En 1985 la Secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal presentó a través de la Comisión Vialidad de Transporte Urbano el Programa Maestro del Metro versión 1985 horizonte 2010. En este programa se estableció una longitud total del sistema de 306,285 kilómetros que incluía: 15 líneas principales de rodadura neumática; 8 líneas alimentadoras con características de tren suburbano de rodadura férrea y una línea de tren ligero.

⁴² Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996

La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano transfirió a la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal la coordinación del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros el 1 de enero de 1995. El 1 de septiembre de 1995 ésta coordinación fue transferida al Sistema de Transporte Colectivo.

Como parte del Programa Integral del Transporte y Vialidad 1995-2000 del Distrito Federal, en agosto de 1996, se dio a conocer el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros versión 1996. Esta versión incluyó tres horizontes de expansión del sistema para los años 2003, 2009 y 2020, además, propuso una red de 483 kilómetros compuesta por 13 líneas de rodadura neumática, 4 de rodadura férrea y 10 líneas de tren ligero. Esto daría una red de 483 km., incluidos metro y tren ligero.

Esencialmente, el sistema propuesto consistirá en líneas urbanas, de rodadura neumática, las cuales darían servicio en los límites del Distrito Federal y algunas zonas del Estado de México. El sistema se complementaría con trenes suburbanos que darían servicio al norte de la ciudad, y trenes ligeros que dan servicio al sur y oriente. Dichas líneas ligeras fungirán como alimentadoras de las líneas de metro pesado.

Para este programa maestro del Metro se fijan los siguientes objetivos:

- Proporcionar de manera eficiente y confiable, donde la demanda lo justifique, el servicio de transporte colectivo de alta y mediana capacidades, en corredores que garanticen grandes velocidades en vías confinadas, según los lineamientos de los programas Integrales de Transporte y Vialidad del Distrito Federal y del Estado de México
- El ámbito de cobertura de este servicio será el área metropolitana de la ciudad de México (AMCM), y deberá considerar el impacto de los flujos de viajes del resto de la zona Metropolitana y de las ciudades vecinas de Toluca, Mex., Puebla., Hgo., Tlaxcala, Puebla, Cuernavaca, Cuautla, así como Querétaro.
- Conformar una Red de Metro y Trenes Ligeros que estructure el sistema de transportación de pasajeros del Área Metropolitana
- Obtener mayor beneficio social posible de las inversiones, las que deberán realizarse en la forma, lugar y tiempo que la dinámica poblacional y urbana requieran.
- Ofrecer, mediante la instrumentación del Plan, un servicio colectivo de transporte de pasajeros, de mediana y alta capacidades, que introduzcan a la disminución del uso intensivo del transporte particular, así como también

el transporte colectivo de superficie de mediana y baja capacidades, en las zonas servidas.

- Incrementar las opciones de transporte de las personas dentro de la ZMVM
- Ser el instrumento para prever la infraestructura urbana, que facilite la situación de los transportes de superficie en los corredores cuya demanda futura estimada, requería del servicio de una línea de Metro o Tren Ligero.
- Apoyar las acciones de reordenamiento de la estructura urbana.
- Facilitar la sustitución de modos de transporte.
- Incorporar la opinión de la población al proceso de planeación.

La actualización del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros permite al Sistema de Transporte Colectivo orientar claramente sus esfuerzos de crecimiento al año 2020.

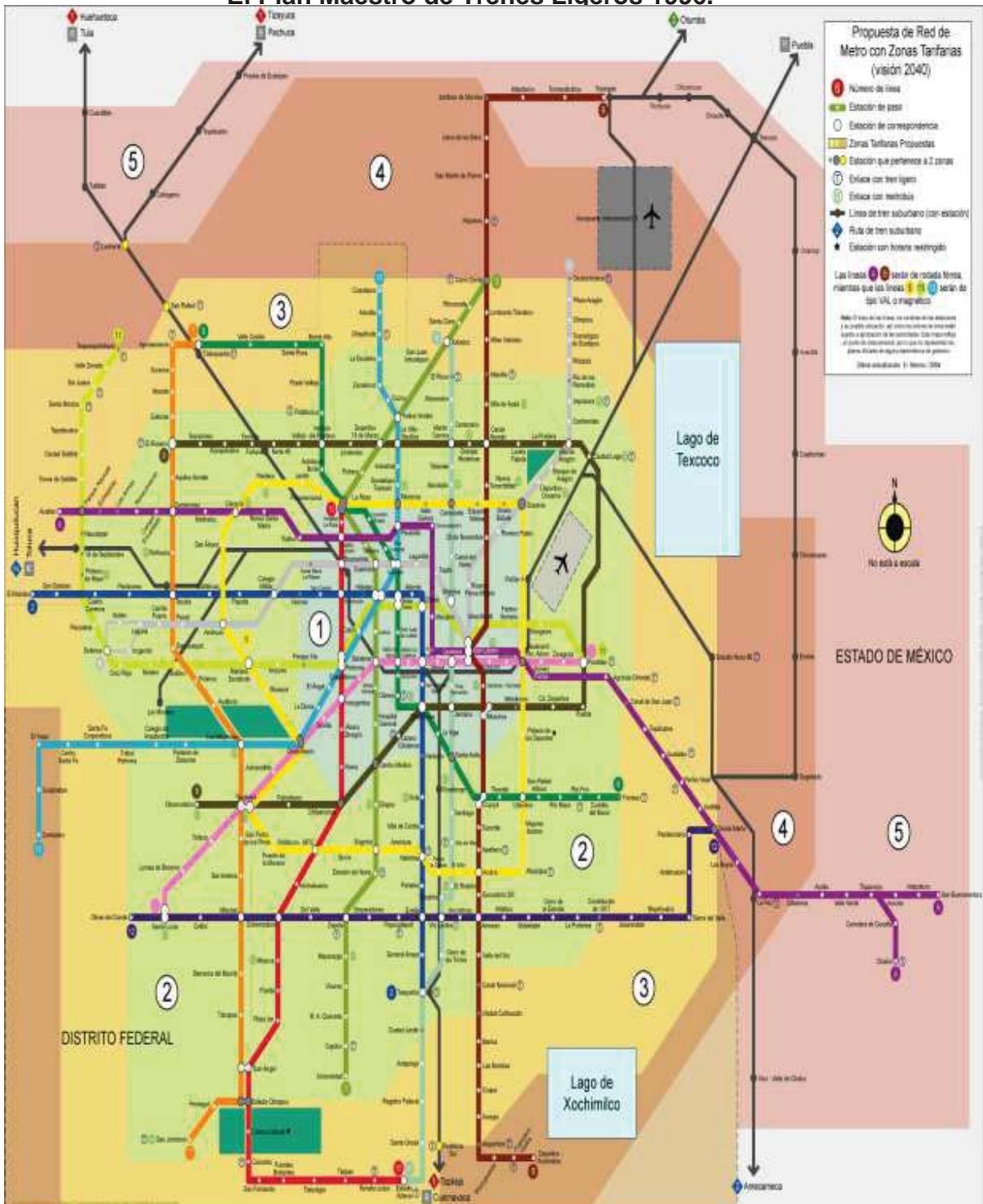
Área de Cobertura

En congruencia con las políticas de desarrollo establecidas por las autoridades correspondientes, se definió a nivel local y regional, la cobertura de las redes de Metro y Trenes ligeros, contando con la opinión de diversas autoridades y organismos competentes, así como los resultados de la auscultación de la opinión pública a través de los mecanismos seleccionados.

Se concluyó que la cobertura del Metro y los Trenes ligeros, serán las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal y los 28 municipios conurbados del Estado de México, que constituyen el Área Metropolitana de la Ciudad de México. Sin embargo, lo anterior no excluye la posibilidad, si así lo justifican los pronósticos de viajes en algunos corredores identificados, que esta área de cobertura sea ampliada más allá del límite fijado previamente.

Lo anterior, es producto del acelerado crecimiento urbano y demográfico de la ciudad y su área de influencia, debido a la desconcentración interna y a la concentración regional, de las actividades económicas, sociales, políticas y culturales, así como al movimiento de bienes, servicios y personas entre las diversas regiones de producción y consumo.

Imagen de cómo contemplaron las redes del metro a un horizonte de 2040 en **El Plan Maestro de Trenes Ligeros 1996.**



Fuente: El Plan Maestro de Trenes Ligeros 1996

Método para construir el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros

Se efectuó mediante un análisis urbano, demográfico y económico de la situación actual, apoyando en el acervo de información recopilada anteriormente, que atendió los siguientes aspectos:

- **Marco Urbano:** crecimiento de la mancha urbana, estructura vial, barreras físicas naturales y urbanas, uso del suelo, centros, subcentros y corredores urbanos, áreas de patrimonio histórico, redes de servicio, configuración geológica y topografía.
- **Marco Demográfico:** crecimiento histórico de la población por delegación y municipio, su conformación actual, con base a los censos de población y vivienda.
- **Movilidad:** basados en los resultados de la encuesta OD-1994, así como en investigaciones propias y de organismos gubernamentales competentes, se identificó la oferta y demanda de transporte en general, tanto público como privado.

Se procedió a recabar la siguiente información de organismos públicos e instituciones privadas.

- Tendencias del crecimiento y conformación demográficas.
- Tendencias de la urbanización y los cambios en los usos del suelo
- Tendencias de incremento vehicular
- Tendencias de movilidad
- Estrategia y políticas de vialidad y transporte.

Modelo de Transporte

Una de las etapas de mayor trascendencia en el proceso del análisis cuantitativo, fue la modelación aplicada en la planeación PMMTL, que se basó en una representación matemática de la movilidad de los habitantes de la AMCM, respecto a generación y atracción de viajes, distribución en función de satisfactorias socioeconómicos y rutas que toman para llegar a sus destinos, la que se elaboró en los tres periodos de máxima demanda: matutino, medio día y vespertino.

La batería de modelos quedo constituida por:

- **Modelo de generación de viajes;** que permitió cuantificar el número de los viajes generados por cada una de las zonas en que se subdividió la ciudad.
- **Modelo de atracción de viajes;** que sirvió para identificar las áreas de atracción de viajes, generados por cada una de los distintos de la ZMVM.
- **Modelo de distribución de viajes;** del que se genera una matriz origen-destino de viajes de la ZMVM.
- **Modelo de distribución modal;** el cual establece la distribución de los viajes para cada uno de los diversos modos de transporte y fue fusionado con los Modelos de Generación y Atracción de viajes.
- **Modelo de asignación de viajes (EMME/2);** que simula la movilidad de la población entre las diferentes zonas del AMCM y una vez calibrado, sirve de base para proyectar los escenarios solicitados.

Los insumos básicos con los que se alimentó el modelo son:

- ✓ Situación urbana actual y futura
- ✓ Población y características socioeconómicas de la misma (actuales futuras)
- ✓ Parámetros operativos del transporte público y privado
- ✓ Red esquemática de la vialidad y del transporte del AMCM

En una primera fase de la modelación, se procedió a diagnosticar la situación actual de la movilidad, haciendo ajustes mediante los parámetros operativos hasta que los resultados obtenidos reflejaron la realidad detectada. Con esto se determinó que corredores tenían alta demanda para ser atendidos por una línea de Metro o Trenes ligeros.

Identificación de corredores

En esta fase se identificó una red amplia de corredores susceptibles de aceptar líneas de Metro y Trenes Ligeros. Lo anterior se hizo en función de las características físicas de los corredores y las condicionantes de ante proyecto, compatibles con el trazo y perfil de las líneas, del material rodante propuesto, las corrientes de viajes, la estructura urbana y de transporte, los polos de atracción de viajes y el área de cobertura.

La pre-red se codificó en el modelo de asignación, para determinar los atributos y características operativas de la línea en cuanto a: demanda, captaciones, polígonos descarga y transferencias.

Pre-evaluación oferta-demanda

Una vez establecidos los atributos y las características operativas de los corredores detectados, se discriminaron aquellos que por demanda no justificaron su implantación, con lo que se procedió aligerar o agrupar alguno de ellos.

Generación de configuraciones 2020

En esta fase se plantearon diversos esquemas de redes de los sistemas de MTL, analizando cuantitativamente, mediante el modelo de asignación, la factibilidad de cada uno, para ello, se tomaron en cuenta aspectos de cobertura, características del servicio y principalmente, la opinión y perfil de usuario potencial, a fin de optimizar la captación del Metro.

Una vez definidas las alternativas de configuración de las redes, se aplicó el Modelo de Asignación de Viajes y se obtuvieron de esta manera, indicadores que permitieron realizar la evaluación como: comportamiento de la demanda, pasajero/kilómetro de línea, sustitución de modos, parque vehicular desplazado y consumo de energéticos y contaminantes, entre otros.

Evaluación

Una inversión como la que representa, requiere plena justificación a través de los beneficios logrados, inversamente a los costos que representa para sus habitantes en materia de energéticos, contaminación, horas-hombre perdidas, etc.; ante la no ejecución de las obras contempladas en dicho plan.

La evaluación de opciones y la jerarquización de las líneas que integran las configuraciones a cada horizonte, se efectuaron mediante el modelo de evaluación, en el que se incorporaron los atributos obtenidos mediante encuestas selectivas.

Evaluación costo – beneficio

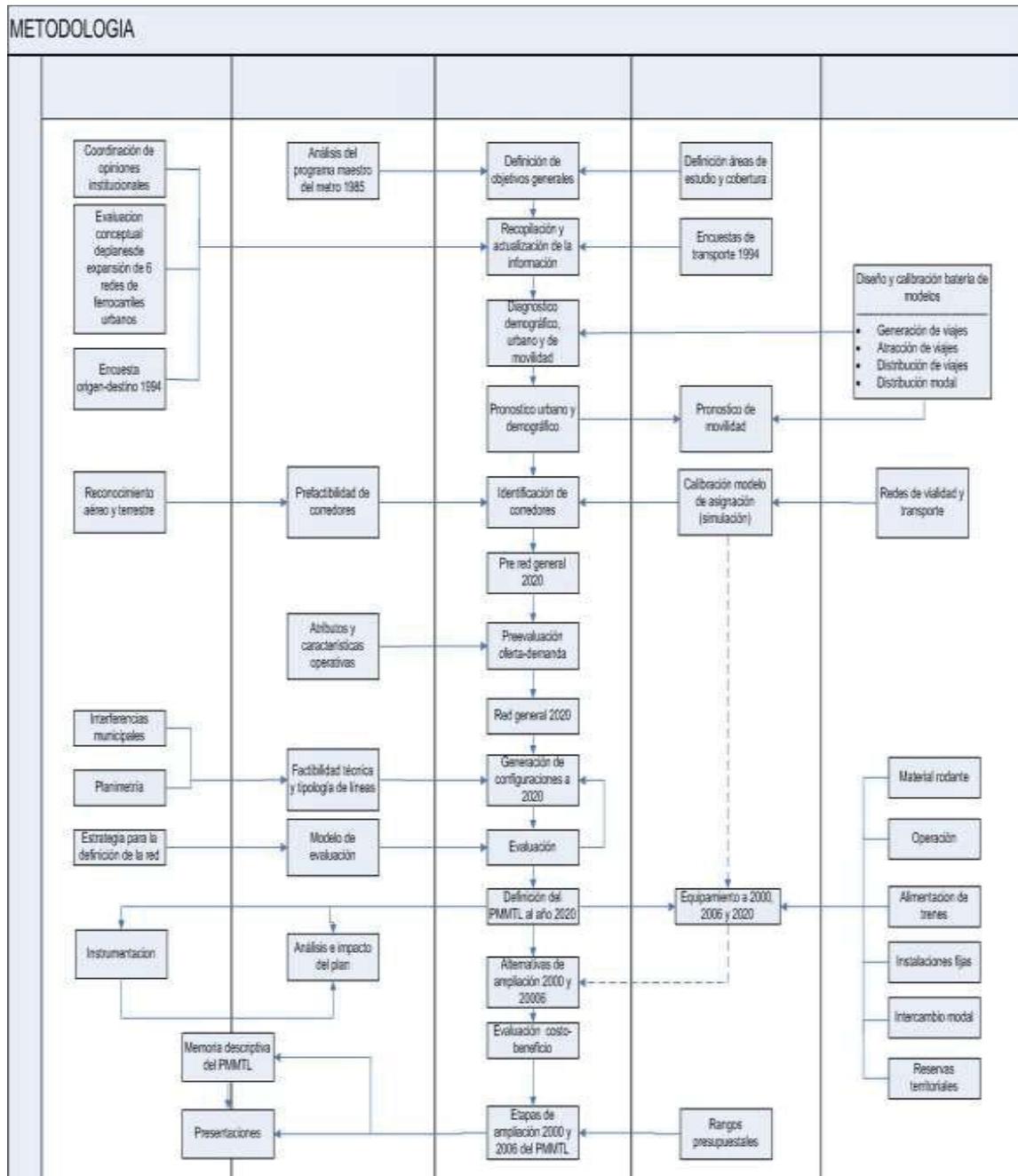
De acuerdo con los atributos del modelo de evaluación y la jerarquización de líneas, se integraron opciones de implantación por etapas para el Metro.

Los atributos son los siguientes:

- Captación global y específicas por línea
- Descongestionamiento y redistribución de líneas actuales.
- Congruencia con los programas de desarrollo urbano ecología
- Población beneficiada
- Ahorro en horas – hombre

- Costo del viaje/km construido
- Impacto social y económico

Memoria descriptiva



Fuente: Plan Maestro del Metro edición 1996

Con el fin de contar con un documento de fácil consulta, se elaboró la presente memoria descriptiva del proceso realizado para la elaboración del presente Plan Maestro del Metro y Trenes ligeros

5.2.2. Consideraciones Generales del Plan Maestro de Metro y Trenes ligeros.

Si el índice de movilidad dentro del área metropolitana se estabiliza y si se considera una hipótesis media para el crecimiento de la población, para el año 2010 se tendrá que resolver el problema que representan 22 millones de $\frac{(\text{viajes} \cdot \text{día})}{\text{persona}}$ que nos da una idea de la magnitud del mismo.

La reestructuración y el diseño de la vialidad es fundamental para que el proceso de cambio antes mencionado se realice.

Así visto el plan maestro de Metro con horizontes de planeación a 30 años, debe cumplir con los siguientes objetivos básicos:

- Abatir los tiempos de recorrido, mejorando la seguridad y comodidad
- Propiciar la reestructuración urbana y el ordenamiento del uso del suelo
- Optimizar el uso de los distintos medios de transporte y de la infraestructura existente.
- Evitar que el área central de la Ciudad de México, sea la zona obligada de paso, sin desprestigiar su importancia, preservando la tradición de la traza histórica monumental.
- Tratar de que la infraestructura vial para los medios de transporte con motores de combustión sea lo más eficiente y expedita posible, a fin de disminuir la contaminación ambiental.
- Coordinar las obras urbanas que coincidan con los trabajos de vialidad, para evitar proyectos con justificación a corto plazo que no tomen en cuenta necesidades futuras.
- Mejorar la accesibilidad, creando más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio para democratizar el transporte.
- Para integrar el plan Maestro es necesario desarrollar cada uno de los subsistemas que lo componen de los cuales el metro, por sus características de operación, constituye la columna vertebral del sistema

Clasificación de los Sistemas

Los sistemas ferroviarios que integran el Plan se clasificaron, de acuerdo a su capacidad de transportación de pasajeros, en dos categorías:

- Sistema de mediana y alta capacidad (Metro), de 15 000 a 60 000 pasajeros/horas/sentido
- Sistema de baja capacidad (Tren Ligero), hasta 15 000 pasajeros/horas/sentido

5.2.3. Estudios de campo que se realizaron para la conformación del PMMTL

Evaluación Mercadológica del Transporte de Pasajeros en el ZMVM⁴³

El crecimiento de la capital de país junto con sus aéreas vecinas del Estado de México e Hidalgo, han integrado la ZMVM en forma tal que la división política es solo un límite virtual.

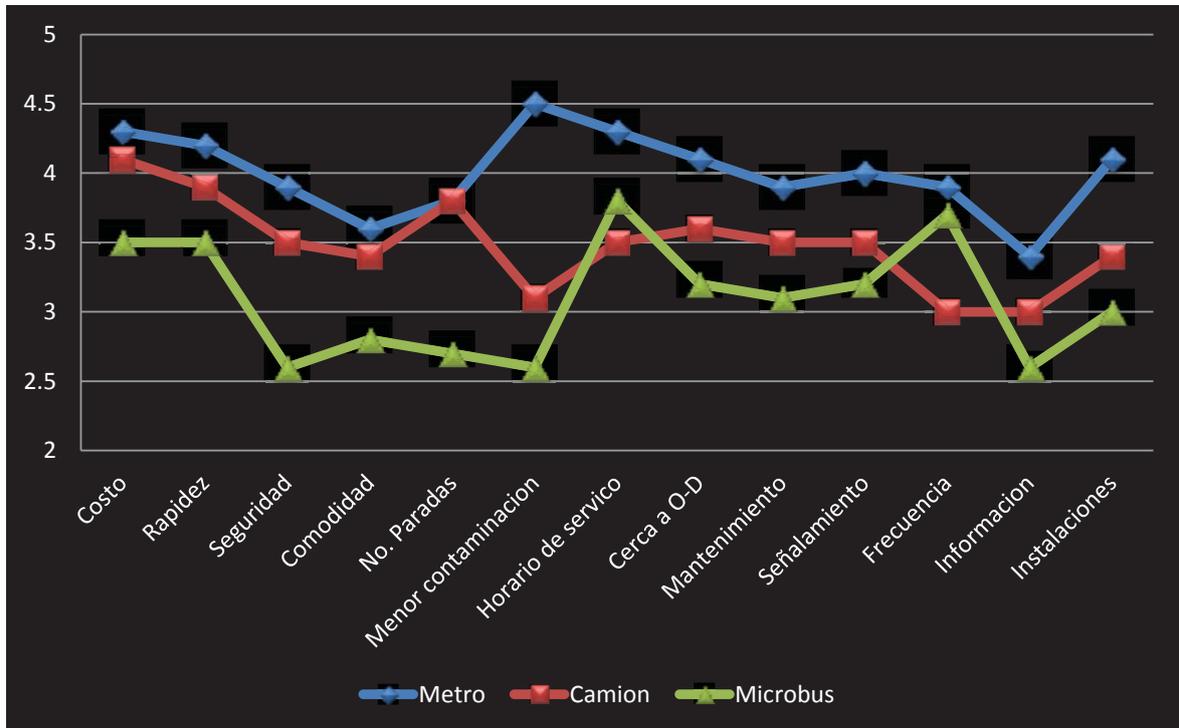
La movilidad de esta población requiere de acciones inmediatas apoyadas en un plan que permita a las autoridades ir logrando metas y objetivos en un plazo previsto, para ofrecer a los habitantes de la ciudad y del área metropolitana, y especialmente a los de las clases económicas débiles, medios de transporte adecuados que proporcionen a la mayoría la facilidad de disponer de su tiempo con la seguridad de que el transporte no le restara gran parte de sus horas de trabajo y esparcimiento como ha sucedido hasta ahora.

Este estudio se efectuó en algunos de los principales centros atracadores y generadores de viajes, a base de entrevistas directas de los tipos de “intercepción” y “en hogar”, con el fin de tener nuevos elementos de juicio que complementen los que aporta la EOD-94 respecto al transporte público en el ZMVM

En este estudio, se observa que los modos de transporte mejor y peor evaluados, por parte de los usuarios, fueron el Metro y los microbuses, respectivamente y que la mejor correlación de factores para elegir un modo de transporte son la cercanía al origen y destino, la seguridad, la limpieza y el costo, existiendo un importante mercado de clase media que utilizaría el servicio público de transporte en cuanto mejoren sustancialmente estos aspectos.

⁴³ Zona Metropolitana del Valle de México

Evaluación de los principales modos de transporte en la ZMVM



Fuente: Plan maestro del Metro y Trenes ligeros 1996

El usuario ha tomado conciencia de la complejidad del problema del transporte en la ciudad, existe también el consenso respecto a la longitud excesiva que se tiene que cambiar para efectuar transbordos y a que se requieren acortar los intervalos de paso en el Metro.

Las conclusiones de este estudio, de las que se exponen solamente las más importantes, fueron muy útiles para normar criterios durante las diversas etapas de planeación del Programa, ya que llevaron a elaborar recomendaciones con enfoque mercadológico:

- Se debe aplicar una solución integral al problema del transporte público en el AMCM
- Se debe fomentar el uso de los modos de transporte menos contaminantes.
- Se debe ampliar la cobertura del Metro a la periferia de la mancha urbana.
- Es recomendable establecer un sistema de control y seguridad más eficiente, dentro y fuera de las instalaciones del Metro.
- Se debe apoyar al Metro con líneas de trolebuses y autobuses urbanos que corran paralelas a él, cuando la demanda lo justifique.

Parámetros Operativos Público.

Este estudio se efectuó con objeto de obtener indicadores relacionados con la operación del servicio de transporte público y privado en los principales corredores del AMCM, a fin de calibrar el Modelo de Asignación de Transporte. Los muestreos fueron realizados en los periodos de mayor demanda (matutino: 7:00 a 10:00, medio día: 12:00 a 15:00 y vespertino-nocturno: 17:00 a 20:00 hrs). Una vez analizados los resultados obtenidos, las principales conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

En la mayoría de los casos, los mejores promedios de velocidad se verificaron durante el periodo del mediodía (12 a 15 hrs) y los más bajos a lo largo del vespertino – nocturno (17 a 20 hrs).

En el Metro, el promedio de velocidad de operación más alto se registra en la línea A, en el periodo del medio día (42.5 km/hrs) y el más bajo durante el vespertino (39.8 km/hrs) que no obstante, es más alto que el de cualquier otro sistema de superficie.

El Metro obtuvo tiempos de espera ponderados de 100 a 116 segundos, los que varían por línea y periodo, siendo ligeramente más bajo en el matutino y mayor en el de mediodía.

Finalmente, se detectó que el índice general de ocupación, en el caso del automóvil particular, fue de 1.7 pasajeros/unidad y que la longitud promedio de los usuarios del Metro que viajan en la red, es de 8.5 km (8 estaciones).

Flujos en las estaciones de correspondencia del metro.

Este estudio se realizó en las 44 estaciones de correspondencia de las nueve líneas del Metro, de la línea A y el Tren Ligero a base de 67,876 entrevistas directas, con el fin de tener elementos de juicio para calibrar y posteriormente, validar los resultados del Modelo de Asignación.

De las 8:00 a las 9:00 hrs y de las 18:00 a 19:00 hrs se cubre el 70% de la capacitación diaria y el mayor volumen de transbordos se presenta en las líneas 1, 2, 3 y 9, donde se efectúa en promedio el 38% de la capacitación local.

En las dos horas de máxima demanda, se detectó que las estaciones en las que más usuarios abordan fueron: Pantitlán con más de 30 000, Indios Verdes con más de 20000 y Cuatro Caminos, Centro Médico, El Rosario, Observatorio, Zaragoza y Tacubaya con más de 10000.

Polígonos de carga en el Metro

En este estudio, se observó que la línea 1 presenta el mayor volumen de carga por tramo del sistema, al registrar 46.365 pasajeros/hora/sentido en el tramo Merced – Pino Suarez después esta la línea 3 con 40.969 pasajeros/hora/sentido en el tramo Guerrero – Hidalgo, les siguen la línea 9 con 32.392 pasajeros, las líneas 6,7, 8 y A cuyos volúmenes fluctúan entre 10 y 20 mil pasajeros, las líneas 4 y 5 con un rango de 5 a 9 mil y por último el tren ligero con menos de 2 mil.

El lapso de mayor concentración de usuarios se dio entre las 8:00 y las 9:00hr y entre las 18:00 y las 19:00 horas presentándose en todas las líneas una demanda de tipo pendular, en la que por las mañanas hay desequilibrio de un sentido respecto al otro y por la tarde, se invierte el fenómeno, a excepción de la línea 2, cuyas demandas en ambos sentidos se mantienen equilibradas en el transcurso de todo el día.

Estudios de aforos vehiculares

El objetivo de este estudio, fue conocer la demanda de los flujos vehiculares en los principales corredores que conforman la red vial del AMCM, para lo que se aforaron las principales unidades que conforman la línea 12 mediante el método de conteo directo de las unidades, sin incluir movimientos direccionales.

La composición vehicular estuvo integrada por el automóvil particular, los taxis libres y de sitio, los autobuses de transporte público de pasajeros de tipo urbano y suburbano, el trolebús, el taxi colectivo de ruta (combi y microbús) y los vehículos pesados.

Las horas de aforos máximos varían por regiones, pero en términos generales, están en el siguiente rango: de las 7:15 a las 9:00 am, para el periodo matutino; de las 13:00 a las 16:45 hrs, para el periodo del mediodía y de las 17:30 a las 19:45 para el periodo vespertino-nocturno; cuando se presenta entre el 21 y el 24% de la demanda total diaria.

Las vialidades que destacan por presentar en los tres periodos estudiados, demandas superiores a 5000 vehículos/hora/sentido, en diversos tramos, fueron: Anillo Periférico, Calzada Vallejo, Circuito Interior, Av. Cuauhtémoc, Calza. de Tlalpan.

Las que presentan demandas entre 4 y 5 mil vehículos/horas/sentido, en al menos 2 periodos, fueron, Eje Central, Insurgentes Sur, Eje 6 Sur.

Por último, las que presentaron demandas entre 3 y 4 mil en cuando menos dos de los periodos estudiados, fueron División del Norte.

Diagnóstico de estudios de campo

El mayor crecimiento del DF, se presenta en las Delegaciones de la zona sur, que crecen a un ritmo conjunto superior al 2%, destacando Tláhuac, Tlalpan, Cuajimalpa y Xochimilco, y dado que en esta zona se encuentran las mayores reservas ecológicas, agrícolas y urbanas, se perfila como la de crecimiento natural para esta entidad.

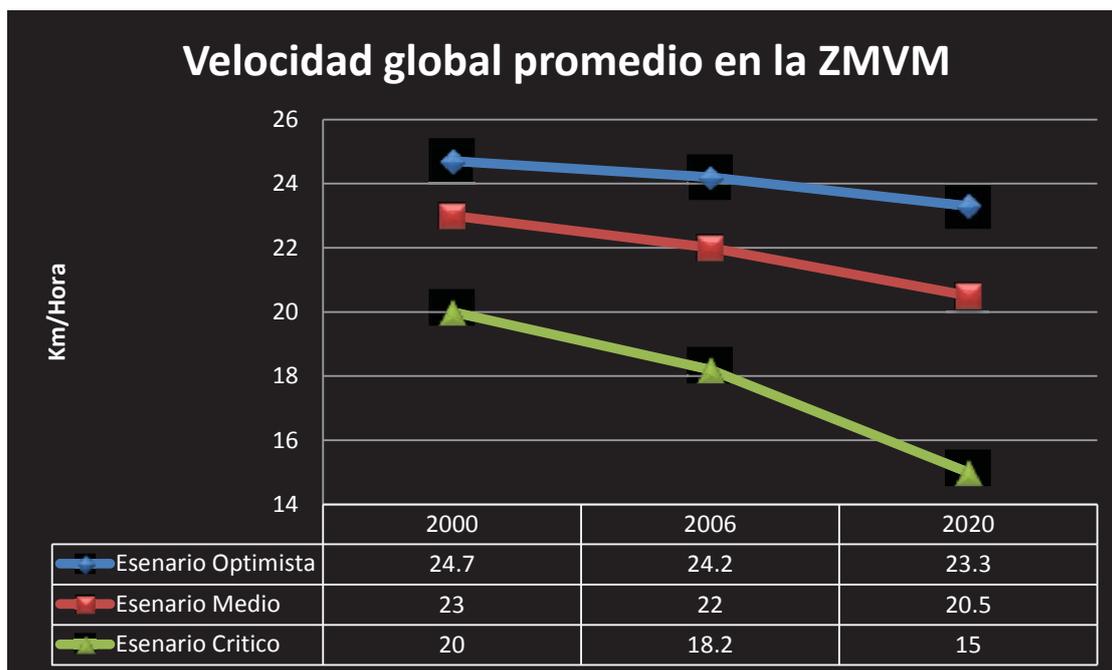
Marco Urbano: La metrópoli aumenta su radio de influencia hacia municipios ubicados dentro de la Zona Metropolitana (ZMCM) que, sin ser absorbidos por la mancha urbana, tienen una alta dependencia económica y social de ella.

Movilidad: El diagnóstico de la movilidad se basó en los resultados de las encuestas de Origen- Destino, al viajar, a menudo se usan varios modos de transporte que, considerados como “tramos de viaje”. En la distribución de viajes por grupos de edad, el grupo que más viaja es el de personas de 25 a 60 años, ya que con una participación relativa del 44%, genera el 53.2% de los viajes, seguido por el grupo entre 19 y 24 años con el 24% y de 6 a 18 años que genera el 18.6% de viajes.

El tiempo promedio diario de traslado en el Área Metropolitana fue de 1 hora, 50 min. Repartidas en viajes de 44 min. de duración promedio, que indican un total de 16.04 millones de horas – hombre utilizadas en traslados diarios.

La estructura de los modelos empleados para determinar a futuro la generación y atracción de los viajes entre las diversas zonas en que se subdividió el Área Metropolitana, está constituida por el número de habitantes asentados en la región analizada, la extensión territorial que esta ocupa y los usos del suelo que la constituyen, entre otros.

Parámetros operativos del transporte: Respecto a la velocidad global promedio en el Área Metropolitana, se irá reduciendo paulatinamente, conforme se incremente el parque vehicular, ya que se prevé pasara de un rango de entre 23.3 y 24.7 km/hrs en el año 2000, a otro menor que fluctuara entre 15 y 20 km/hrs en el horizonte 2020, según la hipótesis crítica u optimista que se tome como base.



Fuente: Estudio de Parámetros operativos del Transporte, ICA Ingeniería 1994

En el primer caso, se observa que las líneas de Metro y Trenes ligeros, son las que tendrán las mayores velocidades de operación, las cuales se mantendrán constantes a lo largo del tiempo, todos los demás modos de transportes sufrirán decrementos en mayor o menor grado.

Condicionantes de Anteproyecto

Una vez efectuado el reconocimiento terrestre de cada uno de los corredores considerados, se realizó el análisis a fin de identificar los que cumplían, además, con los siguientes requisitos:

1. Contar con una sección transversal mínima de 10.50 m de arroyo vehicular, en los tramos considerados.
2. Tener el ancho suficiente para albergar estaciones de paso con secciones transversales mínimas a paramentos, de 18.50 m.
3. Presentar continuidad física, o posibilidad de crearla.
4. De preferencia, ser corredores de transporte colectivo de superficie.
5. No deberían alojar líneas de energéticos derivados del petróleo (oleoductos o gasoductos).
6. En el caso de corredores que se cruzan con líneas subterráneas existentes del Metro, deberían permitir la realización de una nueva línea, en un nivel inmediato hacia abajo.

Modelación

Durante la calibración, se consideró conveniente, por razones de ajuste, fusionar el modelo de distribución modal con los de generación y atracción, en donde se incorporaron los siguientes aspectos:

- 1) **Accesibilidad:** se refiere a la ubicación relativa de los usos del suelo y su factibilidad o dificultad de acceso a través de la red de transporte.
- 2) **Generación de tránsito de una zona:** es un indicador de la cantidad de pasajeros y vehículos que la visitan durante un periodo determinado.
- 3) **Patrón espacial de tránsito:** depende de la ubicación de usos del suelo complementarios y de las restricciones del movimiento entre estos, lo que representa una independencia. La movilidad entre dos zonas depende de la intensidad del uso del suelo y está en razón inversa a la distancia que las separa, como efecto friccionante.
- 4) **Selección de modos y rutas de transporte** considera la tendencia del usuario a evitar las inconveniencias de cualquier viaje, como el costo el tiempo, la incomodidad, el riesgo y la incertidumbre y su inclinación por el modo o la combinación de estos, que las minimicen.

El tránsito de la red de transporte reduce la capacidad del sistema, lo que se traduce en mayores tiempos de traslado, esta reducción es una función no lineal de los volúmenes transportados. Con lo anterior, la modelación del transporte en función del uso del suelo, tuvo 3 tipos de variables:

- **Factores Socioeconómicos:** población, empleos, escolaridad, ingresos y tendencias de automóvil.
- **Tránsito:** medido como el número de pasajeros.
- **Transporte:** principalmente tiempos y costos e viaje.

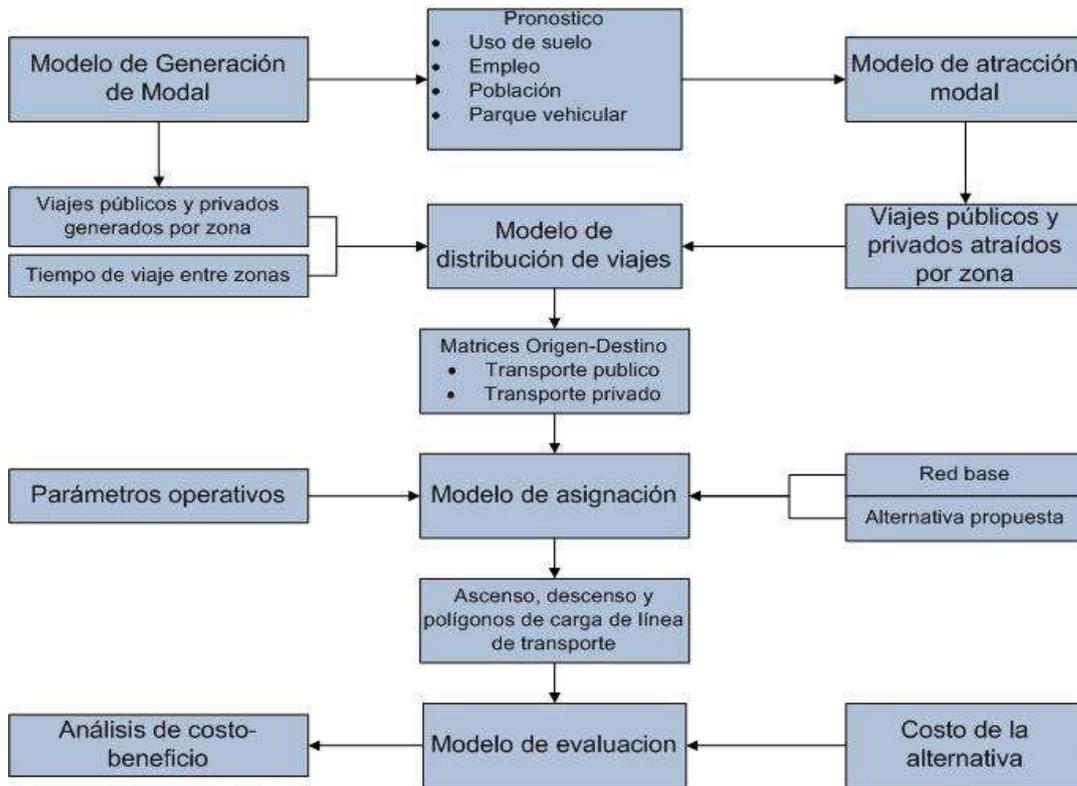
El producto final del modelo general del transporte es la asignación de viajes a los diferentes horizontes del estudio, para cada modo y ruta de transporte. Para los procesos de los modelos, interesa conocer el origen y destino de cada viaje en atención al horario y el motivo de ellos, por lo que solo se consideraron viajes sencillos; habiéndose definido los pasajeros o usuarios del sistema como personas mayores de cinco años y clasificados los motivos de viaje en: trabajo, escuela, regreso a casa y otros (compras, recreación, servicios, etc.)

Modelos de Generación y Atracción: Cuantificar el número de viajes que se generan o atraen, en función de las características de la población, uso del suelo y condiciones socioeconómicas de las zonas de análisis.

Modelos de distribución de viajes: Sirvió para pronosticar el número de viajes entre cada par de origen y destino. Es un modelo gravitacional y se basa en la premisa de que los viajes entre un par de zonas de origen y destino, son

proporcionales de generación y atracción de dichas zonas y disminuyen en función de distancia, el tiempo de viaje, el costo y en general, de cualquier factor que mida las dificultades presentadas al mismo.

Proceso de modelación de una configuración.



Fuente: Plan Maestro del Metro 1996

Modelo de Asignación de Viajes. Para este proceso, fue utilizado el modelo canadiense denominado EMME/2, cuya capacidad comercial permitió procesar la información del Área Metropolitana y que es una expresión algorítmica en computadora, mediante la cual se busca la ruta de menor esfuerzo o mínima, que representa el recorrido de los usuarios entre un origen y un destino, con base en su mayor ventaja con respecto a otras rutas posibles, asignándoles los volúmenes

de movimiento que ocurren entre parejas de sectores, lo que da por resultado el conjunto de carga de cada rama de la red de transporte.

En cada línea del sistema, el esquema de carga por línea suele representarse en un histograma denominado “polígono de carga”.

El objeto de este modelo es calcular el flujo de viajes debido a cambios en la oferta y demanda de transporte para cada horizonte de estudio en la ZMVM y determinar las alternativas del PMMTL.

Este modelo se alimentó con la matriz origen- destino, la red vial, la red de transporte público, los modos de transporte de pasajeros (privado y público), las líneas PMMTL y las características operativas, detectadas de la encuesta origen – destino y los estudios de transporte efectuados para la elaboración de este plan.

Ya incorporada al modelo la información descrita, se procesó a un horizonte futuro, efectuando el comparativo entre los datos calculados y los reales obtenidos a través de los estudios, para posteriormente, mediante un proceso iterativo, calibrar el modelo, modificando los parámetros operativos: tiempo, de parada, velocidad a pie, relación volumen – tiempo de viaje y la capacidad de vehículos, hasta obtener resultados similares a los reales.

Asimismo, se obtuvieron ascensos y descensos en nodos; el flujo esperado en cada rama de la red, los tiempos probables de viaje y el tipo de vehículo utilizado, para cada horizonte considerado. El modelo se procesó con los datos de población y uso del suelo 2020 para definir los corredores de más demanda, determinando el esquema de movilidad.

5.2.4 Evaluación Mercadológica del Transporte de Pasajeros en la ZMVM

La red obtenida mediante el proceso de modelación descrito anteriormente, debe tener una jerarquización en la que se definan aquellos corredores de mayor importancia, con base en un orden de valor preestablecido.

Modelo de Evaluación

El Plan Maestro de Metro y Trenes ligeros considera la evaluación de las alternativas propuestas a diversos horizontes, para que las autoridades puedan definir prioridades y estén en capacidad de decidir y actuar conforme a las recomendaciones del Plan.

Para ello, se contó con una herramienta de análisis, la cual permitió evaluar las alternativas y seleccionar los cursos de acción, en consideración a la disponibilidad presupuestal del sector, en cada horizonte de proyecto.

Con tal propósito, en coordinación con las autoridades, se seleccionaron especialistas y técnicos de diversos organismos e instituciones, de reconocido prestigio y con conocimiento profundo del problema del transporte público de pasajeros (decisores), los cuales participaron teniendo la función de integrar una lista de atributos que debían considerarse en el modelo, para una vez definidos, llegar a un consenso sobre su ponderación en valores numéricos.

Este equipo debió tomar decisiones sobre las recomendaciones del PMMTL, para los horizontes 2000, 2006 y 2020, las cuales incluyen las configuraciones de líneas, equipo rodante y tecnología, así como la secuencia de construcción, tomando en cuenta que las ampliaciones de la red, debían estar supeditadas a la disponibilidad presupuestal de cada horizonte.

Una vez integrado este equipo se propuso un listado inicial de atributos (cualidades de las alternativas) para determinar los beneficios globales de las propuestas.

Este primer listado se generó de acuerdo con los objetivos generales y particulares del PMMTL, el cual fue analizado, adicionado y discutido por el equipo, y se llegó al siguiente listado definitivo de atributos:

- a) **Captación:** Es la captación promedio de pasajeros en un día laborable de la alternativa analizada, para cada horizonte considerado.
- b) **Ahorro en horas – hombre:** Corresponde al total de ahorro de horas hombre dedicadas por los usuarios al transporte en una alternativa respecto a otra.
- c) **Redistribución de cargas al sistema:** Es el índice de variabilidad de la utilización de líneas en el periodo de mayor afluencia para una alternativa seleccionada.
- d) **Concordancia con planes de desarrollo urbano:** Es una medida subjetiva de identificación del trazo de las líneas de una alternativa, con los planes de desarrollo urbano vigentes.
- e) **Sustitución de vehículos de superficie.** Es la diferencia entre el total de vehículos públicos y privados por kilómetro de superficie sin alternativa, contra los eliminados por la alternativa analizada. Lo anterior tendrá como consecuencia, la reducción en el consumo de combustibles y en la descarga de contaminantes en la atmosfera, así como la descongestión en la red vial.
- f) **Servicio a zonas de bajos recursos.** Es la población de bajos ingresos, beneficiada por el trazo de las líneas en cada una de las alternativas analizadas.

- g) **Afectaciones:** Son las adquisiciones obligadas del entorno urbano que demanda la alternativa para su factibilidad, como viviendas, servicios o ecológicas.

La captación es el atributo al que se concede mayor importancia, seguido del ahorro en horas hombre y posteriormente el de sustitución de vehículos de superficie.

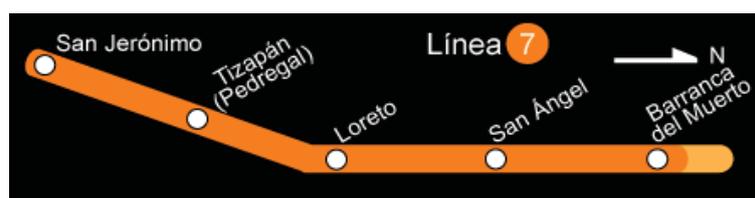
5.2.5 Proyectos prioritarios que se manejan en el PMMTL, para la ampliación del Metro

A continuación se presentan los proyectos actuales que el STC tiene contemplados como prioritarios. Naturalmente, estos planes pueden estar sujetos a modificación dependiendo de los recursos necesarios disponibles, además de posibles revisiones al Plan Maestro y a los cambios que se puedan realizar en la Ciudad de México en el proceso de planeación.

Siguientes tramos a construir⁴⁴:

- **Línea 7: Barranca del Muerto - San Jerónimo**

Esta extensión dará servicio sobre todo a la zona de San Ángel y Tizapán en la delegación Álvaro Obregón, beneficiando a esta zona de la ciudad con 4 nuevas estaciones: San Ángel, Loreto, Tizapán (o Pedregal) y San Jerónimo. A partir de Barranca del Muerto, la línea continuaría bajo Avenida Revolución hasta la altura Av. San Jerónimo, donde se enfilará al oeste. La línea terminará a la altura de la glorieta de San Jerónimo. La longitud de este tramo es de aproximadamente 5.5 Kilómetros



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

⁴⁴ **Línea 7:** Barranca del Muerto - San Jerónimo, **Línea 8:** Garibaldi - Indios Verdes, **Línea 8:** Escuadrón 201 - Acoxpa, **Línea 12:** Mixcoac - Atlatlico, **Línea T2:** Constitución de 1917 - Buena Suerte

Línea 8 norte: Garibaldi - Indios Verdes

Esta extensión dará servicio a las delegaciones Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero, siguiendo el trazo de Paseo de la Reforma y su continuación Calzada de Guadalupe. Finalmente, pasaría por debajo de la zona de las basílicas en La Villa, para enfilarse a la calle Cantera, donde terminaría a la altura de Insurgentes. Estaría conformada por 6 estaciones: Nonoalco, Peralvillo, Misterios, Industrial, La Villa - Basílica e Indios Verdes. Una estación adicional, *Guadalupe Tepeyac*, puede contemplarse en esta extensión. La extensión de este tramo es de aproximadamente 6.2 kilómetros.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

- **Línea 8 sur: Escuadrón 201 - Acoxta**

Esta extensión dará servicio a las delegaciones Iztapalapa, Coyoacán y parte de Tlalpan. A partir de la actual línea 8, continuará por Eje 3 Oriente (Arneses, Carlota Armero) hasta Calzada de la Virgen, donde se perfilará hacia el oeste hasta llegar al Eje 2 Oriente (Calza. de la Salud, Miramontes), continuando hacia el sur, hasta llegar a Calzada Acoxta, donde finalizará el trazado sobre esta avenida. Se tienen contempladas las siguientes estaciones: Del Paso (Arneses), Ganaderos (Valle del Sur), Canal Nacional, Santa Ana - Culhuacán, Marina, Las Bombas, Coapa y Acoxta. Este tramo será de 9.2 kilómetros aproximadamente.



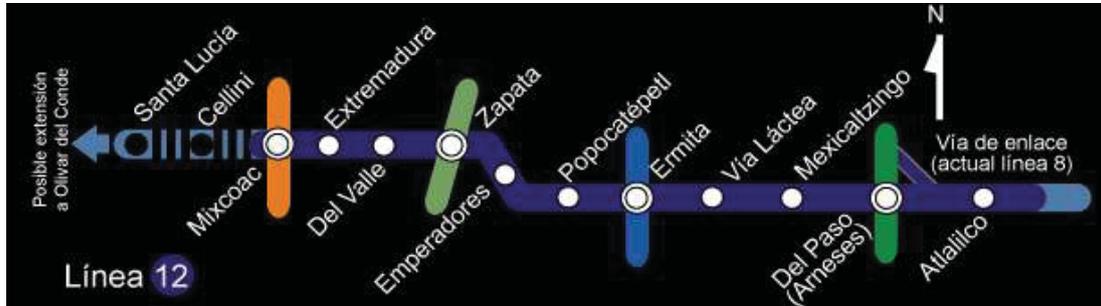
Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

- **Línea 12: Mixcoac - Atlalilco**

Esta extensión dará servicio a las delegaciones Iztapalapa y Benito Juárez, creando una nueva conexión este-oeste para el sur de la ciudad. Este tramo sin duda aliviará los problemas de desplazamiento a la altura de los Ejes 7 y 8 Sur.

Su recorrido irá por Calzada Ermita Iztapalapa y su continuación Popocatepetl (Eje 8 Sur). Tomaría luego un tramo de División del Norte hasta Emiliano Zapata, para continuar hacia el oeste por Eje 7 Sur (Félix Cuevas, Extremadura), hasta Mixcoac.

Se planea continuar esta línea por el Ferrocarril a Cuernavaca, hasta llegar a Avenida Río Becerra, donde estará la otra terminal. Otra opción, más factible, podría ser continuar la línea por Benvenuto Cellini y la Av. Santa Lucía hasta Olivar del Conde. Consistirá de las siguientes estaciones (hacia el oeste a partir de Atlalilco): Del Paso (Arneses), Mexicaltzingo, Vía Láctea, Ermita, Popocatepetl, Pirineos (Emperadores), Zapata, Del Valle (Hospital 20 de Noviembre), Extremadura y Mixcoac. Una eventual extensión a Olivar del Conde al oeste, y a Santa Marta al este, son también factibles. La extensión del primer tramo será de 10 kilómetros.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

Fecha de ejecución: La posible fecha de inicio de construcción sería postergada para el 2004, para dar prioridad al segundo piso del Viaducto y Periférico. Su conclusión puede fijarse en el segundo semestre del 2006.

- **Línea T2: Constitución de 1917 - Buena Suerte**

Esta línea de tren ligero dará servicio a la zona oriente de la ciudad. No sólo los municipios de La Paz, Valle de Chalco y Chalco serán beneficiados, pero rutas alimentadoras de municipios vecinos como Ixtapaluca e incluso Amecameca podrán beneficiarse con esta línea.

La conexión con las líneas 8 (próximamente línea 12) y A del metro permitirá el acceso al sur o al centro de la ciudad de manera rápida, propiciando el descongestionamiento de la calzada Ignacio Zaragoza.

La extensión aproximada de esta línea será de 20 kilómetros. Se planea el trazo de esta línea por la Calza. Ermita Iztapalapa hasta su entronque con la Autopista México-Puebla. Se tiene planeado continuar esta línea por la Autopista, pasando por la parte norte de del municipio de Valle de Chalco.

A la altura del cerro "El Elefante", tomaría la Av. Solidaridad, continuando en línea recta hasta llegar al centro de Chalco, para terminar en el conjunto habitacional "Bosques de Chalco", en la calle de Buena Suerte.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

En el esquema se proponen estaciones, las cuales se encontrarían a una distancia promedio de 1 km., siguiendo el trazo mencionado en el párrafo anterior. Se podría incluso pensar en la posibilidad de continuar la línea 8 o 12 por Ermita Iztapalapa hasta Santa Marta, y construir el tren ligero a partir de esta estación. De esta forma, Santa Marta sería una estación integral dando servicio a 3 líneas.

Una posibilidad, la cual también es factible, es la extensión de la línea 12 hasta Santa Marta, con la consecuente extensión de la línea A desde La Paz hasta Ixtapaluca y Chalco. Virtualmente, el recorrido sería el mismo, además de ofrecer la posibilidad de usar equipo de mayor capacidad, y contrarrestar la actual baja afluencia de pasajeros en la línea A. Otra ventaja adicional, sobre todo logística, consiste en evitar cerrar secciones de la autopista México - Puebla durante la construcción de la obra.



Fuente: El Plan Maestro de Metro y Trenes Ligeros 1996

5.2.6 Puntos a valorar en el Plan Maestro del metro y Trenes Ligeros

El Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) es uno de los desarrollos urbanos más extensos del mundo, ya que tiene una longitud extrema norte-sur, de 53km (Tepozotlan-Topilejo) y de 45km en el sentido este-oeste (Chalco-Chamapa), que nos hace suponer recorridos medios de desplazamiento de 15 a 17 km y con tendencia creciente, ya que su continuo urbano sigue expandiéndose para satisfacer las necesidades del suelo, derivadas de su ritmo de crecimiento demográfico, que aunque en descenso, sobre todo si lo comparamos con el de las décadas pasadas, aún sigue siendo importante.

Ante esta situación y la evidente insuficiencia y deficiencia del transporte público de superficie, una parte de sus habitantes utilizan en gran medida el automóvil como modo de traslado. La ciudad, a pesar de las inversiones para mejorar la infraestructura vial, esta se encuentra en permanente rezago respecto a los requerimientos que le impone el acelerado desarrollo vehicular y urbano.

Para corregir lo anterior, los sistemas de transporte de alta y medias capacidades, como el Metro, adquieren importancia vital, al conjugar traslados masivos rápidos y a grandes distancias, con beneficio para los usuarios y el gobierno de la ciudad.

Como es del conocimiento general, el Metro y los Trenes Ligeros no resuelven por si mismos el transporte masivo de la Metrópoli; sin embargo, son el eje sobre el cual se deben reordenar los demás sistemas y lograr una coordinación eficiente y suficiente de los modos de superficie, que dé cobertura al Área Metropolitana.

Como cualquier sistema de transporte, un plan maestro proyecta las líneas a construirse, para de esta manera satisfacer una demanda de transporte cada vez en crecimiento. En 1977 el primer Plan Maestro, solamente incluía la construcción de líneas dentro de los límites del Distrito Federal.

Esta restricción, a la larga, tiene sus consecuencias en el sistema. Las líneas que fueron construidas entre 1978 (la 4) y 1986 (ampliación de la línea 6 a Martín Carrera) sólo son utilizadas por la quinta parte de los usuarios. Hay que comparar el número de estaciones que comprende cada línea, y se notará que existe una clara correlación entre el número de estaciones y el número de pasajeros. Convendría estudiar la situación actual de ciertas líneas del metro, y de ahí sacar conclusiones de cómo mejorar estos escenarios.

- La línea 4 es la más corta del sistema⁴⁵ y la menos utilizada. Su terminal norte (Martín Carrera) se ubica a 3 kilómetros de la frontera del Estado de México, mientras que Santa Anita apenas se ubica por debajo del Viaducto Miguel Alemán. Esta línea dejó de ampliarse en 1982. El plan maestro sólo contempla su expansión por el norte, mientras por el sur su terminal original iba a ser Acoxta
- La línea 5 tiene una participación regular en el sistema⁴⁶, al conectar zonas como el aeropuerto, la franja norte del Circuito Interior. Sin embargo, hay que notar nuevamente la cercanía con el Edomex: Pantitlán se ubica a kilómetro y medio del municipio de Nezahualcóyotl (además de poseer el paradero más grande de la red). En el plan maestro se contempla su eventual extensión a Tlalnepantla (o más bien al límite del DF con este municipio), pero en la visión al 2009. Esta línea dejó de expandirse en 1982.
- La línea 6 también es una de las de menor participación de la red (3% de los usuarios) y la segunda más corta del sistema (11 estaciones). Aunque da servicio a la zona norte del DF, y enlaza zonas clave como La Villa y Vallejo, también se encuentra subutilizada. La terminal de El Rosario se ubica apenas a dos kilómetros del límite con el Edomex. (esta línea bien pudo haberse expandido hacia la zona de Puente de Vigas usando la radial Aquiles Serdán). Se considera una expansión hacia el este de Martín Carrera hasta Villa de Aragón en el largo plazo.
- A pesar de que la línea A cumple su papel como una línea suburbana, al parecer no ha tenido una buena respuesta. Incluso líneas como la 7, la 8 y la 9 han tenido mayor participación en la red. Esta línea tiene la mayor separación entre estaciones (un promedio de 1700 metros), además de que se tiene que pagar un boleto adicional en caso de transbordar con el metro "urbano".

⁴⁵ Cuenta con 10 estaciones y la utiliza el 2.5% de los usuarios , según cifras del STC

⁴⁶ La utilizan el 5% de los usuarios

El resto de las líneas han cumplido más o menos bien su participación: la 7 como conectora del poniente de la ciudad, la 8 como enlace entre el sureste y el centro de la ciudad, y la 9 como alternativa a la línea 1 para trasladarse de oriente a poniente y viceversa. Cada una de estas líneas tiene una participación de entre 6 y 8.3% en el sistema.

El plan integral visualiza una forma de atender la demanda y mejorar los niveles de servicio en una unidad geo-económica dentro del valle de México cuyos límites jurisdiccionales no deben ya ser obstáculo.

Este plan, para mantenerlo actualizado, requerirá de revisiones sistemáticas, que permitan adecuarlo a las cambiantes condiciones de la ZMVM, por lo que se establecerá las etapas de ampliación de la red del Metro y Trenes Ligeros y preverá la infraestructura urbana, con el objeto de optimizar las inversiones, a fin de lograr un mayor beneficio social en la aplicación de recursos.

De igual manera, determina restricciones en los alineamientos de los predios y reserva de estos, que servirán para las instalaciones de apoyo a la futura red. Por último, es aconsejable la evaluación periódica de las ampliaciones para calibrar y adecuar las hipótesis de partida y los patrones vigentes de movilidad.

El análisis cuantitativo de la demanda de transporte, fueron los resultados de la encuesta origen-destino, levantada por el INEGI a mediados de 1994, se obtuvo información sobre la movilidad en la ZMVM en cuanto a:

- Magnitudes de la generación y atracción de viajes
- Distribución modal
- Horas y periodos de máxima demanda
- Características generales de los viajes: motivo, frecuencia, modos de transportación, duración y densidad, entre otros

A continuación describo los tramos que abarcan las líneas según el plan maestro oficial de metro 1996, así como la prioridad que tiene en éste: **1** si se contempla a 5 años, **2** si se contempla a 10 años, **3** si se contempla a 20 años.

Descripción	Prioridad	Comentario
Ampliación entre Martín Carrera y Villa de Aragón, conectando con la línea B	3	Se ha considerado construir una ramal hacia San Felipe de Jesús, pero esta opción se ha descartado por proyectarse poca afluencia.
Extensión desde Barranca del Muerto a San Jerónimo (glorieta del asta)	1	Si se cumple el plan maestro, este tramo podría entrar en servicio hacia el 2006.

bandera).		
Construcción del tramo Garibaldi - Indios Verdes.	1	Posible apertura hacia el 2006. Se debe considerar una posible expansión hacia el norte, para evitar la sobresaturación del paradero de Indios Verdes.
Extensión de la línea desde Escuadrón 201 hasta Acoxta.	1	Existe la propuesta que este tramo mejor forme parte de la línea 12, respetando el trazo de la línea 8.
Extensión de Tacubaya a Observatorio	2	Se recomienda extender esta línea hacia el occidente, para evitar la saturación del paradero de Observatorio y de la Central Camionera de Occidente. También es factible extenderla al oriente hacia Cd. Nezahualcóyotl.
Línea construida bajo la Avenida de los Insurgentes, desde Eulalia Guzmán (Eje 2 Nte.) hasta Cuicuilco.	2	Originalmente línea 15 en el Plan Maestro original, pensaba conectar ciertas zonas de Azcapotzalco vía Avenida Jardín. Hay que considerar la ampliación de esta línea hasta La Raza, y posiblemente crear un servicio conjunto con la línea 3. Por otro lado, se debe también de pensar la extensión de la línea desde Cuicuilco hasta la salida a Cuernavaca, para dar servicio a Tlalpan.
Construcción del tramo Mixcoac - Atlalilco	1	Cuando se inaugure, el tramo existente entre Atlalilco y Constitución de 1917 será parte de esta línea, Aunque existe la propuesta de respetando el trazado actual de la línea 8, y continuar la línea 12 hasta Acoxta. Eventualmente se extendería esta línea hasta el pueblo de Santa Lucía (Álvaro Obregón).
Línea San Lázaro - Echeagaray	3	Posiblemente tomará Anillo de Circunvalación (Eje 1 Oriente) hasta Canal del Norte (Eje 2 Nte.), toda esta avenida hasta Calzada Camarones. Pasaría por la glorieta de Clavería, y tomará Eje 3 Norte (la continuación de Camarones) en toda su extensión, hasta llegar a la colonia Echeagaray y terminar en Periférico a la altura de Parque Naucalli. Esta línea podría estar sujeta a modificaciones.
Extensión de la línea de Buenavista al Hipódromo de las Américas.	3	Continuaría por Eje 1 Nte., pasando por debajo de la escuela Normal, la calle Felipe Carrillo Puerto y luego tomar el derecho de vía del F.C. a Cuernavaca. Finalmente, tomaría el Blvd. Cervantes Saavedra para tener su terminal a un costado del Hipódromo.
Línea suburbana El Rosario - Cuautitlán Izcalli	3	De no ser construido el tren suburbano, tomaría derecho de vía del Ferrocarril México - Querétaro hasta Lechería, donde podría tomar una desviación por Miguel Hidalgo, para luego enfilarse en la Av. Jorge Jiménez Cantú (uno de los ejes norte-sur de Cuautitlán Izcalli). Como alternativa, podría irse vía Gustavo Baz hasta Lechería. Adicionalmente, hay que considerar una extensión a Tepetzotlán.
Tren Ligero Iztapalapa - Chalco	2	Conectaría la estación de Constitución de 1917 con el Valle de Chalco. Es posible la conexión con la línea A en Santa Marta. Es la siguiente línea de tren ligero en prioridad.

Fuente: Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros

5.3. El Programa Integral de Transporte y Vialidad (PITV) 2007-2012 del Distrito Federal

Es el documento rector para la planeación de la movilidad y su infraestructura en el Distrito Federal. Se ha diseñado con perspectiva de equidad social y urbana, recuperación del medio ambiente y visión metropolitana.

En la concepción del Programa se incorporaron principios básicos de planeación estratégica, pues la planeación como proceso dinámico debe observar y adaptarse a desafíos y oportunidades externas e internas así como a la dinámica demanda social que enfrenta el gobierno.

Por lo anterior, el PITV se articula en torno a cuatro Líneas Estratégicas que resumen los propósitos básicos que orientan el Programa en su conjunto.

Las Líneas Estratégicas que articulan al Programa Integral de Transporte y Vialidad 2007-2012 responden a problemáticas centrales de la movilidad en la ciudad y son cuatro:

1. Impulso a la movilidad colectiva y disminución de emisiones contaminantes por transporte público.
2. Derecho a una movilidad incluyente y hacia la sustentabilidad.
3. Transporte y su infraestructura para un nuevo orden urbano.
4. Modernización del servicio a usuarios, la gestión y eficiencia tecnológica.

La Visión Estratégica del presente Programa se fundamenta en una serie de Subprogramas que permiten sentar las bases para la transformación profunda del transporte público del Distrito Federal con una visión de largo plazo, socialmente incluyente y metropolitana.

Por ello, el centro de las cuatro líneas estratégicas del PITV 2007-2012 consisten en el impulso de alternativas de Transporte Público de Calidad y Elevada Capacidad, que adicionalmente sean amables con el medio ambiente, promuevan un nuevo orden urbano, la recuperación del espacio público y se acompañen de opciones de movilidad alternativa.

Componentes fundamentales de la Estrategia al año 2012 de este Programa son la Línea 12 “Bicentenario” del STC-Metro y la implantación de 10 líneas del Sistema Metrobús. La expansión del Sistema Metrobús proyecta disponer para final de este gobierno de una red de Metrobús con una longitud similar a la red del

STC-Metro que se incrementará hasta 225 kilómetros de vías dobles al entrar en servicio la Línea 12.

Los resultados de la Encuesta Origen Destino 2007, indican la intensificación de los desplazamientos metropolitanos y que el destino prioritario de los mismos continúa siendo el Distrito Federal que atrae, entre otros, casi 70% de los viajes metropolitanos por motivo laboral y 60%⁴⁷ de los correspondientes a estudio¹⁹, por ello los Subprogramas que promueven Transporte Público de Elevada Capacidad y Calidad, contienen como elemento sustantivo una visión metropolitana.

Las Estrategias contenidas en este Programa Integral enfatizan por lo que respecta a la gestión, control y administración del transporte la utilización de nuevas tecnologías y la informatización de los procesos que minimicen la discrecionalidad y maximicen la seguridad y adecuada atención al público

5.3.1 Líneas estratégicas del PITV⁴⁸

El gobierno de la Ciudad de México ha adquirido el compromiso de conservar y proteger el medioambiente de la Ciudad de México, para ello resulta de fundamental importancia disminuir la emisión de contaminantes por fuentes móviles. Igualmente se requiere que el espacio público, utilizado de manera privilegiada por el automóvil, sea recuperado para la sociedad en su conjunto.

Esto será posible, en gran medida, si logramos que disminuya el uso privilegiado del automóvil particular en la movilidad cotidiana. Como primer paso para ello, el transporte público debe tener ventajas evidentes sobre la movilidad individual particular.

El Gobierno del Distrito Federal ha tomado la decisión de promover una política integral para incrementar y fortalecer el transporte público de calidad, con una perspectiva metropolitana.

Los Objetivos que se plantea este programa son ampliar y mejorar la Red de Transporte Público Gubernamental, con opciones de elevada capacidad y calidad, que tenga ventajas sobre la movilidad individual, para así poder disminuir emisiones contaminantes por pasajero transportado.

⁴⁷ Estudio de demanda para la línea 12, SETRAVI, con datos de la Encuesta Origen-Destino, 2007

⁴⁸ Programa Integral de Transporte y Vialidad

Los subprogramas que se mencionan en este documento son:

1. Ampliación del Servicio del STC-Metro: Línea 12.
2. Sistema Metrobús: integración de hasta 10 corredores.
3. Corredor Cero Emisiones en Eje Central.
4. Corredor Cero Emisiones Eje 2 – 2A Sur.
5. Corredor Cero Emisiones Ampliación Eje Central.
6. Corredores de Transporte Público Concesionado.
7. Tranvía de nueva generación.
8. Redistribución de rutas de la RTP, Trolebús y otros servicios.
9. Aumento de la disponibilidad y número de los trenes del STC.
10. Incremento de la capacidad de traslado del Tren Ligero.

Como se podrá ver la ampliación del Sistema de Transporte Colectivo Metro es la principal prioridad dentro de los planes y estrategias que tiene el gobierno del Distrito Federal. La construcción, operación y mantenimiento de la Línea 12 se le está designado la mayor parte del presupuesto en cuestión de transporte, ya que con esto se estará beneficiando a millones de usuarios que viajan del sur de la ciudad al sur-oriente de la ciudad, así como también al medio ambiente al reducir el número de vehículos que se utilizaban para trasladar a dichas ciudadanía.