

229 100

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



TRANSPORTE URBANO

CAPITULO DE LOS APUNTES DE CLASE
DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

T E S I S

Que para sustentar examen profesional

P R E S E N T A

Tarsicio de Jesus Antonio Ramirez Carreño

OCTUBRE 1980



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



GUATEMALA, 15 de agosto de 1980

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-292

Al Presente señor TARSICIO DE JESUS ANTONIO RAMIREZ CARREHO,
P a e a e n e a .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección -- propuso al Profesor Ing. Gustavo Argil Carriles, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"TRANSPORTE URBANO"

Capítulo de Los apuntes de clase de Sistemas de Transporte

1. Introducción.
2. Planeación del transporte urbano.
3. Proyecto: Descripción y partes componentes.
4. Conclusiones y recomendaciones.

Puego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar -- Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A c e n s a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Subsecretaria, 15 de agosto de 1980
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPINU

SECRETARÍA

CAPITULO I

INTRODUCCION

INDICE

I.1. GENERALIDADES

I.1.1 Conceptos

I.1.1 Antecedentes

I.2. IMPORTANCIA ECONOMICA DE LOS TRANSPORTES

I.2.1 Aspectos económicos relacionados con el transporte

I.2.2 Economía aplicada al transporte urbano

I.3. EVOLUCION DE LOS TRANSPORTES

I.4. EVOLUCION URBANA EN LA CIUDAD DE MEXICO

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental proporcionar a los alumnos de la asignatura "Sistemas de Transporte" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México una exposición superficial pero no por ello incompleta de la operación de un sistema de transporte urbano.

El capítulo I expone los componentes del sistema, la importancia económica de éste, una breve reseña histórica y concluye con la presentación de un panorama general del caso de la Ciudad de México.

El capítulo II muestra fundamentos correspondientes a la planeación, la Ingeniería de Sistemas y la Ingeniería de Tránsito, sus interrelaciones y finalmente su importancia en el funcionamiento y operación del sistema.

El capítulo III presenta en forma cualitativa las consideraciones básicas con las que debe implementarse un buen sistema de transportes y se exponen brevemente los elementos básicos de proyecto.

El capítulo IV está formado por las conclusiones obtenidas acerca del funcionamiento actual de los sistemas de transporte en general y por una serie de recomendaciones que tienden a tratar de mejorar el nivel de servicio en lo que se refiere a la movilización dentro de la zona urbana.

I.1 GENERALIDADES

I.1.1 Conceptos

El sistema de transporte urbano es un conjunto de variables interdependientes entre sí, que están relacionadas con la vialidad urbana y cuyo objetivo es el de satisfacer las necesidades de movilidad de los habitantes de la ciudad, reduciendo al mínimo los recorridos a pie.

Las variables que constituyen el sistema de transporte urbano son:

- 1) Infraestructura vial, que es el conjunto de instalaciones viales, puentes, señalamientos, pasos a desnivel y el sistema de calles y avenidas. Su transformación es lenta y muy costosa.
- 2) Estructura vial, formada por todos los medios de transporte que utilizan la infraestructura. Los medios de transporte incluyen desde los viajes a pie y en bicicleta hasta los tranvías y ferrocarriles urbanos.
- 3) Superestructura vial, que son todos los usuarios de los medios de transporte, es decir, la población total.

Cada una de las variables mencionadas depende de diversos factores de índole muy variada y que, al interrelacionarse entre sí, adquieren caracteres muy complejos, por lo que se dificulta el pronóstico de su comportamiento.

La eficiencia del sistema de transporte dependerá, por lo tanto, - del modo en que se comporten las componentes que lo integran, es decir, si el sistema de calles y avenidas no es adecuado para soportar el tránsito de vehículos, los medios de transporte son insuficientes e inadecuados y los usuarios no utilizan en forma correcta los elementos anteriores, el servicio no será eficaz y se sufrirá en grandes congestiones, pérdidas de tiempo productivo y niveles de contaminación elevados, entre otras consecuencias.

1.2.1 Antecedentes

El origen de las ciudades se remonta a la época en que las comunidades humanas eligen un lugar para residir de un modo suficientemente estable, es decir, abandonan el sistema de vida nómada y adoptan el sistema sedentario con las consecuencias lógicas de buscar los intereses de aquellos primeros asentamientos humanos. Estas consecuencias lógicas no son más que la realización de las actividades económicas, políticas, sociales y tecnológicas que son inherentes a toda sociedad establecida.

Históricamente, se puede concluir que el desarrollo de las ciudades primitivamente consta de un núcleo habitacional que se complementa más tarde con la aparición de zonas dedicadas al comercio y al gobierno; estas tres áreas tienen en común el tipo de construcciones y la disposición de sus calles. Las edificaciones conforman áreas cuadradas y rectangulares conocidas como "manzanas" que definen alineaciones de calles en forma cuadrícula, que si por un lado ofrecen facilidades de construcción, por otro lado originan numerosas intersecciones que significan demoras para cualquier medio de transporte. Naturalmente que en la época de su construcción había que atender necesidades más apremiantes que el pensar en los probables conflictos a que daría lugar la trama cuadrícula, además de que la demanda de espacio vial hecha por los medios de transportación de aquella época (transporte a pie, en animal de carga y en carruajes) era satisfecha por el incipiente sistema vial.

En la actualidad se observa que el otrora buen funcionamiento de las calles ha sido reemplazado por congestionamientos, contaminación, desperdicios de tiempo y de energía, etc. causados básicamente por el extraordinario crecimiento de la población de las ciudades que implica un desorbitado aumento de los medios de transporte. Los cuales han saturado la capacidad de un sistema vial inadecuado para los vehículos automotores.

El objetivo del sistema de transporte urbano es el de proporcionar

a los miembros de la ciudad un servicio eficiente que satisfaga sus demandas de movimiento, para que éstos a su vez, cumplan con sus actividades en forma óptima. Las dificultades que se presentan para lograr el objetivo del sistema radican fundamentalmente en el hecho de que los factores que determinan la problemática vial crecen a un ritmo definitivamente mayor que las medidas que se toman para que el sistema proporcione un servicio adecuado y eficaz, por lo que no se pensará en ofrecer una utópica solución completa, sino que con la contribución de la planeación, de la ingeniería de sistemas, de la ingeniería de tránsito y de todos aquellos conocimientos y experiencias que sean utilizables, se pretende detener el avance del problema y encontrar soluciones parciales que, en conjunto, permitan ofrecer un buen nivel de servicio a los usuarios en el presente y en el futuro.

Los encargados de la administración pública tienen la responsabilidad de implementar el sistema de transporte que sea eficiente y adecuado, pero en principio se enfrentan con algunas restricciones para realizar dicha implementación; estas restricciones son las características de las calles y el crecimiento demográfico urbano. Las dimensiones físicas de las arterias, sobre todo en las zonas centrales y en las zonas más antiguas de la ciudad, definen una capacidad vehicular tal, que es superada por la demanda en gran parte del día, pero que por la importancia histórica o estética de las edificaciones localizadas en esas zonas no es posible efectuar obras viales necesarias para mejorar el nivel de servicio. De igual manera, el crecimiento demográfico y el crecimiento económico que experimentan las ciudades, plantean otra importante dificultad para el ofrecimiento de un eficiente sistema de transporte; desde el inicio del siglo y simultáneo a la expansión urbana cobran un auge sorprendente el vehículo automotor y la población lo cual significa una demanda creciente de medios de transporte, capacidad vial, estructuras viales, etc. No obstante este crecimiento, durante la primera mitad del presente siglo, el esquema vial de la época era suficiente para captar los volúmenes de tránsito, que realmente no tenían muchas altera-

tivos de viajes dada la trama urbana que conserva el orden tradicional de un área céntrica de comercio, gubernamental y habitacional, otra de residencia de las clases media y alta y por último la zona industrial que generalmente estará comunicada por el ferrocarril.

La expansión de la mancha urbana propició la inversión de terrenos tradicionalmente dedicados a la agricultura y a la ganadería ocasionando, - además, la incorporación al ambiente urbano de los campesinos desplazados - que, aunados a otras corrientes migratorias, demandan satisfacción a sus necesidades de vivienda, empleo, servicios en general, etc. Esta demanda también incluye el transporte y se refleja en rutas más largas y diversificadas y en la saturación de las antiguas calles del centro urbano. Hasta entonces el medio de transporte público más utilizado era el transporte eléctrico que había resuelto satisfactoriamente las necesidades de transporte, pero - que pronto habría de perder popularidad ante el novedoso transporte automotor más flexible y más rápido. Se incrementa el número de vehículos automotores - en forma sorprendente y aparecen con mayor frecuencia los congestionamientos en las angostas calles centrales; es conveniente hacer notar que el incremento vehicular es paralelo al constante aumento en la demanda de transporte. A partir de las frecuentes saturaciones viales se inicia el desequilibrio entre la capacidad que ofrece la infraestructura vial urbana y la demanda de vías de circulación por parte de los medios de transporte.

Resumiendo, la vialidad urbana presenta una problemática con tendencias ascendentes: el constante incremento de los vehículos, la creciente demanda de transporte, las numerosas intersecciones, la baja capacidad de las calles más antiguas y el lento y costoso desarrollo de las obras viales acentuarán cada vez más la desproporción entre la oferta y la demanda del servicio de transporte urbano.

1.2 Importancia económica de los transportes.

1.2.1 Aspectos económicos relacionados con el transporte.

Un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, formando un todo integrado para la obtención de un objetivo común, constituye un SISTEMA, de tal forma que el estudio de uno de estos elementos es la descripción de las relaciones que tiene éste con los demás.

Las sociedades evolucionadas descansan sobre una diversificada ca se económica que, accionada por el trabajo humano, engendra una serie de - bienes y servicios cuyo destino último es la satisfacción de las necesidades de sus miembros. Los variados elementos que participan en la vida económica de una nación, así como sus conexiones y dependencias, se suman en un tp do denominado SISTEMA ECONÓMICO.

Un sistema económico moderno constituye un complejo tejido de relaciones directas e indirectas por medio de las cuales los hombres llegan a disponer de una gran variedad de bienes y servicios capaces de satisfacer - sus múltiples necesidades. De esta forma, los hombres dividen socialmente su trabajo y acción integrados mediante una extensa corriente de cambios de productos y prestación de servicios mutuos.

Las UNIDADES PRODUCTORAS definen el fenómeno de la división social del trabajo mediante la articulación de los factores de la producción. Fac tores de la producción son todos aquellos insumos que tienen la particulari - dad de ser absolutamente necesarios para que se verifique un proceso produg tivo. Tradicionalmente se han considerado tres factores que son: recursos naturales, trabajo y capital, aunque últimamente la organización se está - considerando como factor. La tendencia de los factores es obtener bienes y servicios determinados, concretando estas unidades el fenómeno de la divisi - ón social del trabajo. Estas unidades se agrupan de acuerdo a los siguien tes sectores:

- SECTOR PRIMARIO, que incluye las actividades que se ejercen próximas a las bases de recursos naturales (agropecuarias y extractivas).
- SECTOR SECUNDARIO, que comprende las actividades industriales mediante las cuales los bienes son transformados.
- SECTOR TERCIARIO, que se ocupa de un tipo de actividades que no tienen expresión material, conocidas con el nombre de "servicios" que básicamente atienden necesidades de transporte, educación, diversiones, etc.

La importancia relativa de los diversos sectores en la generación del producto total de la economía es mercedemente variable, reflejando entre otros fenómenos, el grado de desarrollo económico alcanzado por un país, así tenemos que en las regiones subdesarrolladas, el sector "servicios" es el segundo a donde concurren la mayor parte de los grandes contingentes de mano de obra desempleada.

El factor dinámico en el proceso de una economía es el INTERCAMBIO y éste tiene como MANIFESTACION MATERIAL AL TRANSPORTE, cuya importancia es fundamental puesto que constituye la liga indispensable entre la producción y el consumo, es decir, entre la oferta y la demanda. En otras palabras, el proceso de expansión y limitación de la economía de los países está directamente influenciado por el sistema de transportes que estos posean, pudiendo incrementarlo o frenarlo.

1.2.2 Economía aplicada al transporte urbano.

El transporte, que está compuesto etimológicamente por las raíces TRANS, que significa "a través de", y PORTE, que significa "llevar o cambiar de lugar", se puede llevar a cabo mediante diversos sistemas: sistema carrtero, sistema ferroviario, sistema portuario, sistema aeropuertorio, sistema de transporte urbano, sistema de ductos y los sistemas que se refieren al transporte de ideas, como por ejemplo el sistema telegráfico y el sistema telefónico formando en conjunto lo que se llama SISTEMA DE TRANSPORTES.

Por lo tanto, se entiende por Sistema de Transportes, el conjunto de elementos que permiten realizar el intercambio de bienes y servicios en un ámbito económico. De acuerdo con esto, el Sistema de Transporte Urbano es un medio por el cual la vida económica de las ciudades es posible: todo tipo de actividad económica que se produzca dentro de las zonas urbanas precisa de la movilización de la población, de sus bienes y de los servicios que necesita.

La economía de mercado para un sistema de transporte urbano define las partes siguientes:

- 1.- La demanda, que está constituida por la población que requiere de los medios y las condiciones adecuadas para desplazarse dentro de las áreas urbanas, así como por los diversos bienes, servicios y productos que dicha población necesita transportar.
- 2.- La oferta, que está formada por la red vial (arterias y estructuras viales) y todos los medios de transporte disponibles; se manifiesta en las condiciones de facilidad, rapidez y comodidad del traslado urbano.

En caso de que la oferta se vea superada por la demanda, habrá una obstaculización a las actividades económicas que se verifican en las ciudades y se manifestará en un creciente y generalizado aumento de tiempos de recorrido, de costos de operación, de índices de accidentes, de niveles de contaminación, de costo de los productos, de congestionamiento, etc.

1.3 Evolución de los Transportes.

La naturaleza sociológica del ser humano es el factor más importante que determina que vive en comunidades, ya que de este modo resulta más fácil la obtención de los objetivos comunes. Durante la época en que los conglomerados humanos estaban formados por un número reducido de habitantes, las necesidades fundamentales eran por la supervivencia en el medio hostil en el cual vivían; de este modo, su principal preocupación es la de alimentarse.

ción, la cual la obtienen de la caza, la pesca y la recolección de frutos, actividades que exigen una constante movilidad por el ámbito en el que se desarrollan, movilidad que utilizan sus propios medios de locomoción. Al transcurrir el tiempo, el hombre descubre e inventa utensilios de diversos tamaños y para distintos usos, los cuales junto con las pieles y otros objetos le impiden trasladarse con facilidad de un lugar a otro. Para salvar este obstáculo, el hombre idea colocar cargas sobre los lomos de sus perros o los empuja a arrastrarlos mediante rudimentarios trineos hechos por el mismo, constituyendo esto el primer medio de transporte utilizado por el hombre.

Con el advenimiento de la agricultura, el hombre se establece en un lugar, es decir, se vuelve sedentario y forma aldeas y villas que se caracterizan por tener un número reducido de habitantes y porque constituyen un lugar fijo de residencia de sus pobladores. De este modo, los habitantes indican incipientemente los primeros movimientos laborales, comerciales y sociales de la historia, y por lo tanto, las primeras necesidades de transportar productos y personas. Estas necesidades han servido de estímulo para que, mediante la tecnología, el hombre haya mantenido un esfuerzo constante en busca de mejorar sus condiciones de transportación.

Este esfuerzo se inicia con la anónima invención de la rueda durante el transcurso de la prehistoria, ignorándose exactamente cómo y cuándo apareció, aunque se pueden hacer conjeturas muy probables acerca del modo en que se obtuvo, desde las manifestaciones que han dejado las antiguas culturas que poblaron el planeta. Hace 5000 años, los egipcios poseían vehículos con ruedas según se observa en escenas de su vida cotidiana plasmadas en las paredes de sus tumbas. Más tarde, en algún lugar de Asia Menor, aparece la primera carroza de dos ruedas al unirse dos ruedas por una estaca y montarse un bastidor rectangular sobre ellas. Con el transcurso del tiempo, aparecen las carrozas jaladas por animales de tiro con fines comerciales, de placer, o bélicos, según lo demuestran las evidencias dejadas por egipcios, asirios,

pernas y romanos, diversificándose el tipo de vehículo según su uso, desde los toscos carros para mover mercancías lentamente hasta las famosas cuadrigas romanas de fines deportivos. Se estabiliza el desarrollo de las carrozas debido a los malos caminos de aquellas épocas; los saltadores también contribuyeron a ese estancamiento del vehículo y propician que durante toda la Edad Media los viajes se efectúen a caballo y en grupo como medida de protección. Durante el siglo XVI se popularizan los viajes en coche por la ciudad, invadiendo las hasta entonces tranquilas calles para peatones, lo que motivó que un siglo más tarde se presentaran los primeros problemas de tránsito, ya que los mencionados coches ocupaban gran parte de las estrechas calles.

Con el progreso económico y la expansión de las ciudades se impulsa el auge vehicular y es así como aparece en el siglo XVIII la diligencia, la cual constituye el principal medio de transporte; un poco después, se propicia en las ciudades el transporte colectivo el cual es servido eficientemente por los tranvías jalados por animales de tiro. En el siglo XIX con el advenimiento de la locomotora de vapor se desplazan los anteriores medios de transporte, ya que tienen velocidades mucho menores; hasta este momento, las dimensiones geométricas de las calles -que en un principio eran para peatones- funcionan satisfactoriamente, e incluso cuando entran en operación los tranvías eléctricos.

Durante el último cuarto del siglo XIX, Gottlieb Daimler inventa el motor de combustión interna, pero no es sino hasta iniciado el presente siglo cuando circulan los primeros vehículos que emplean este tipo de motor, los cuales tuvieron un auge extraordinario puesto que se pensó en que iban a constituir la solución al problema de movilización de la metrópoli. Con la II Guerra Mundial se perfecciona el funcionamiento de los automóviles los cuales, una vez terminada la conflagración, representan el medio más adecuado para trasladar bienes y personas, hecho que se manifiesta en un aumento en la demanda, al que corresponde un aumento en la producción. Este incremen

to alcanza índices muy elevados como se muestra estadísticamente en las tablas I.6 y I.7 (que se refieren a la ciudad de México) y en poco tiempo hacen ineficientes las arterias que conservan las dimensiones físicas originales significando esto la aparición de situaciones de congestión. Se realizan intentos para evitar estas situaciones mediante la construcción de otras vías que, si bien se aumenta la capacidad para aceptar el creciente tránsito urbano, también es cierto que esas obras han servido como estímulo a la producción vehicular, por lo que se prevé que continuará la incidencia cada vez más frecuente de saturación de la capacidad vial urbana.

Sin embargo, si por un lado el transporte automotor constituye un elemento básico de los aglutinamientos en las calles con todas sus consecuencias como contaminación y pérdidas de tiempo entre otros, por otro lado, ha contribuido al progreso económico de los países y a la satisfacción de una de las necesidades diarias de mayor importancia en las ciudades, además de que ha sido un factor que ayuda a la comunicación y, por lo tanto, al acercamiento y comprensión entre los hombres.

1.4 Evolución Urbana en la Ciudad de México.

El origen de la ciudad de México se remota hasta la época en que una de las siete tribus nahuatlacas se asienta en una pequeña isla situada en el valle de Anáhuac; la natural expansión de esa tribu, que es la de los aztecas, obliga a la habilitación de pequeñas islas flotantes en un intento por erradicar superficies habitables al lago que la circundaba. En ese entonces, los gobernantes se preocuparon por distribuir el uso de la tierra en beneficio de los intereses comunitarios, apareciendo de este modo las superficies dedicadas a albergar los templos, a la labor de la tierra, a operaciones gubernamentales y comerciales y a actividades deportivas, religiosas y recreativas. Estos centros de actividades estaban comunicados entre sí por canales y calzadas que desembocaban en tierra firme. Con el crecimiento físico y político, la ciudad de los aztecas, denominada la Gran Tenochtitlan,

tlán, se divide en cuatro grandes barrios comunicados por cuatro importantes calzadas que, a manera de ejes viales, parten desde tierra firme y convergen en la zona céntrica de la ciudad, lugar donde, desde aquel entonces, tradicionalmente se han ubicado los organismos rectores de la ciudad.

Inmediatamente después de la destrucción de la Gran Tenochtitlán, se encomienda a Alonso García Bravo elaborar la traza de la nueva ciudad. El urbanista español no tiene inconveniente en realizar el esbozo de la organización urbana colonial tomando como base la gran ciudad de los conquistados, es decir, se formaron manzanas rectangulares alrededor de una plaza cuadrangular destinada a la construcción de los principales edificios públicos y religiosos, siendo las principales calles de los aztecas la base del sistema vial de los conquistadores. Era el año de 1521 y se inicia el desarrollo de una ciudad colonial en la cual prevalecerían las construcciones realizadas por las autoridades civiles, las instituciones religiosas y las familias españolas, pero respetando las características primitivas de la ciudad indígena, cuyo nombre ya no era la Gran Tenochtitlán, sino capital de la Nueva España.

A fines del siglo XIX se inició una transformación de la ciudad con la demolición de numerosas construcciones y se abrieron algunas calles que propiciaron la formación de nuevas colonias; desde este momento comienza un proceso de cambios constantes en la fisonomía de la ciudad, proceso que se ha acentuado últimamente por el alarmante crecimiento demográfico (ver Tabla 1.1) que demanda cada vez más superficie urbana y sus consecuencias urbanísticas en el futuro. Estas consecuencias se manifiestan en la creciente carencia de servicios, la escasez de viviendas adecuadas, la contaminación atmosférica y sobre todo en la degradación de las condiciones de vida de la población que significa la aparición de los procesos de deshumanización urbana.

De acuerdo con datos históricos y estadísticos fidedignos, se obtiene la siguiente tabla que indica el crecimiento del número de habitantes de -

la ciudad.

AÑO	NÚMERO DE HABITANTES	OBSERVACIONES
1534	30 000	Hernán Cortés en sus "cartas de relación" a Carlos V.
1772	112 482	Época Colonial.
1790	131 000	Época Colonial.
1880	200 000	Época Independiente.
1890	226 913	Se inician las primeras obras viales.
1900	541 777	La ciudad se expande lentamente.
1910	722 698	Creación de las nuevas colonias.
1940	1 780 000	Saturación de la capacidad en el Distrito Federal.
1950	3 080 000	Unificación con el Estado de Tlaxcala.
1960	4 891 000	Crecimiento demográfico alarmante.
1970	6 874 185	Capacidad financiera rebasada por los requerimientos de la ciudad.
1978	8 300 000	Cifra aproximada.

TABLA 1.1 Crecimiento poblacional de la Ciudad de México.

Paralelo a este crecimiento, se observa el incontrolado aumento de vehículos automotores como contradictoria respuesta a la necesidad de mayor movilidad de la población en la cada vez mayor superficie urbana. Esta expansión territorial se inicia en la década de 1930 con la construcción de caminos que comunican diversos poblados del sur como Tláhuac, Xochimilco, Ixtapalapa, Milpa Alta y Tlalpán con la Ciudad de México. Las crecientes distancias urbanas requieren de recorridos más largos y de velocidades de operación mayores, por lo cual se empiezan a construir progresivamente avenidas en los cauces de antiguos ríos como las calzadas Melchor Ocampo, Río Churubusco, Río Milpaso, Canal de Miramontes, etc. Conviene mencionar que todas estas obras viales han mantenido el trazo original que se construyó en la época de Mexzahualcoyotl, lo cual demuestra el admirable sentido urbanístico de los habitantes de Anáhuac. Siguiendo con la reseña histórica, entre 1945 y 1964 se construyen los primeros viaductos urbanos; al entrar al Río de la Piedad se proyectó la primera obra vial de sección dividida e intersecciones a desnivel: El viaducto Miguel Alemán.

con las experiencias y resultados de esta obra, se proyectó y construyó en 1960, el tramo poniente del Anillo Periférico al que se prolongó en 1967 hacia el sur.

Asimismo, la calzada de Tlalpan es transformada en vía de circulación continua al colocarse sus cruces a desnivel. Las vías rápidas están constituidas, por lo tanto, por el viaducto Miguel Alemán, por el Anillo Periférico y por la Calzada de Tlalpan, que en conjunto absorben importantes volúmenes de tránsito, los cuales han rebasado la capacidad de todas las vías en horas críticas. Además de esas vías no tan recientes, se ha proyectado e iniciado la construcción del Circuito Interior que pretende ser una vía rápida en torno a la zona central de la ciudad, un conjunto de vías radiales en la zona noroeste destinadas a aliviar la presión que se ejerce sobre el tramo poniente del Anillo Periférico y lo más reciente en modificación de la infraestructura urbana que consiste en una serie de medidas como aumento de la capacidad mediante eliminación de camellones, circulación en un solo sentido, coordinación de semáforos, prohibición de vueltas izquierdas, repavimentación, rutas más adecuadas, carriles exclusivos para autobús y/o tranvía, etc., medidas aplicadas a ciertas avenidas que reciben el nombre de "ejes viales".

Oviamente, esta transformación no es una casualidad, sino que es la respuesta débil a un crecimiento sin precedentes en todos los contextos social, económico y tecnológico - que ha "sufrido" la ciudad. Asimismo, este crecimiento es producto de una serie de fenómenos que han tenido lugar en el país, y que fundamentalmente son: Explosión demográfica, metamorfosis del país -de rural a urbano-, concentración administrativa, económica, cultural, social, etc. Cada uno de estos fenómenos en sí constituyen un tema complejo y extenso por lo que en esta introducción se mencionará solo un breve resumen global.

La explosión demográfica es el nombre que se ha dado al sostenido índice de crecimiento de la población en el país. En la tabla I.3 se puede

observar el incremento de la población así como un pronóstico hasta el año - 1965 de ocurrir las tendencias separadas. El problema, sin embargo, no consiste en el aumento del número de habitantes, sino en su distribución y en su productividad. México ha sido un país tradicionalmente agricultor hasta nuestros días, como lo muestra la Tabla I.4, en la que se observa la preponderancia de las actividades primarias en cuanto a población económicamente activa utilizada. En la misma tabla, se ve que ese porcentaje dominante ha ido disminuyendo paulatinamente cediendo ante la atracción de las actividades secundarias y terciarias que básicamente se efectúan dentro o cerca de las metrópolis. Esta dinámica poblacional adquiere caracteres relevantes puesto que se da en un contexto geográfico que define grandes extensiones de la superficie del país para las actividades primarias, quedando una mínima parte para los centros poblacionales de importancia. Esto significa que la distribución demográfica sigue dos tendencias extremas que propician la desorganización en las actividades económicas del país: la concentración en las ciudades y la dispersión en el campo.

Estamos en presencia de una estereotipia del tipo de vida rural a urbano. Las causas pueden ser la ínfima explotación a que ha sido sometido el campesino desde siempre, los métodos tan primitivos que se emplean aún en la actualidad para labrar la tierra, la falta de equipo y técnicas adecuadas para racionalizar la producción, la escasez de distritos de riego, el gran porcentaje de tierras laborales de temporal, etc., pero esas son las que fueran el hecho concreto y consumado es el que se ve diariamente en las terribles formas de las ciudades a las que llegan numerosos campesinos atraídos por las esperanzas de mejorar su nivel de vida. Este movimiento migratorio es también un reflejo de la baja productividad que se observa en las Tablas I.4 y I.5, en las que a pesar de ser mucho mayor el número de población dedicada a las actividades primarias que cualquiera de las demás ramas, su participación en el producto interno bruto es notablemente inferior.

La población urbana mientras tanto, crece con índices muy elevados pues al índice de natalidad se le debe adicionar la población inmigrante para obtener el crecimiento real de la población en las ciudades de importancia. Este tipo de población pertenece al sector de servicios y al de transformación y se caracteriza por el acaparamiento de la educación, la administración, la producción industrial, la tecnología, del poder adquisitivo, del producto nacional bruto, etc., como muestra la tabla I.4.

La experiencia ha demostrado que las ciudades constituyen un polo de atracción para los centros poblacionales que se encuentran a su alrededor y que esa atracción es directamente proporcional al grado de actividades socioeconómicas en general que se desarrollan en la ciudad. Es decir, mientras mayor es el crecimiento económico, mayor es el poder atractivo de la ciudad y mayor es el número de emigrantes, lo cual se traduce en una agudización de los problemas de concentración y en un desequilibrio regional mayor. La tabla I.2 muestra el desigual crecimiento relativo de la población rural y de la población urbana y es solamente un reflejo de las disparidades socioeconómicas que se llevan a cabo en toda la superficie del país.

Desde otro punto de vista, el exagerado desarrollo económico de los centros urbanos se ha apoyado en aquellas áreas que no solo no han avanzado económicamente, sino que han sufrido retroceso al emigrar su población a los centros urbanos. Este tipo de desarrollo conduce a los problemas tipicos de la macrocefalia urbana como escasez de agua potable, de urbanización, de servicios públicos, etc., y también conduce a la disminución del poder económico de las áreas marginadas al desarrollo urbano.

La ciudad de México es un exponente de la macrocefalia urbana, donde convergen las principales actividades económicas, administrativas y sociales. Es el más importante centro atractivo de la República, lo que se manifiesta en la tabla I.3 que indica gran crecimiento demográfico.

TABLA 1.2 POBLACION URBANA Y RURAL EN LA REPUBLICA MEXICANA
 (en miles)

AÑO	URBANA	%	RURAL	%	TOTAL
1950	10 263	43	14 308	57	25 291
1960	17 705	51	17 218	49	34 923
1970	27 971	56	20 254	42	48 225
1975	34 278	59	23 829	41	58 098
1976	35 051	60	24 041	40	59 102
1978	42 811	65	23 053	35	65 864

Fuentes: Censos Generales de Población para 1950, 1960 y 1970.

1975 y 1976 estimados.

1978: Estimaciones del Consejo Nacional de Población.

TABLA 1.3 POBLACION DE LA REPUBLICA MEXICANA Y DEL DISTRITO FEDERAL
 (años)

AÑO	REPUBLICA MEXICANA (años)	TASA DE CRECIMIENTO (%)	DISTRITO FEDERAL (años)	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO (%)
1900	13 607		541	3.98	
1910	15 180	1.09	721	4.76	2.91
1920	14 335	-0.55	905	6.32	2.31
1930	16 553	1.45	1 230	7.43	3.10
1940	19 654	1.73	1 757	8.94	3.63
1950	25 291	2.75	3 050	11.83	5.67
1960	34 923	3.08	4 671	13.95	4.79
1970	48 225	3.28	6 874	14.25	3.50
1971	50 688	5.13	7 227	14.26	5.13
1972	52 459	3.47	7 451	14.26	3.51
1973	54 278	3.47	7 743	14.27	3.50
1974	56 157	3.46	8 014	14.27	3.50
1975	58 098	3.46	8 294	14.28	3.49
1976	60 102	3.45	8 583	14.28	3.48
1977	62 177	3.45	8 881	14.28	3.47
1980	67 405	2.73	9 377	13.99	1.82
1985	79 120	3.30	17 644	22.30	13.47
1990	92 608	3.26	20 096	22.30	1.24
1995	105 200	2.54	23 469	22.30	2.54

TABLA 1.4 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR RAMAS DE ACTIVIDAD

RAMA DE ACTIVIDAD	1960 miles	%	1960 miles	%	1970 miles	%	1970 miles	%
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA	8 772	100	11 332	100	12 985	100	17 376	100
AGRICULTURA, GANADERIA, SELVICULTURA, Caza Y Pesca	4 824	55.3	5 145	54.2	5 103	39.4	6 841	39.4
PETROLEO Y EXTRACTIVOS	97	1.2	142	1.3	180	1.4	244	1.4
INDUSTRIAS DE TRANSFORMACION	973	11.7	1 356	13.7	2 169	16.7	2 904	16.6
CONSTRUCCION	224	2.7	408	3.6	571	4.4	764	4.3
ENERGIA ELECTRICA	25	0.3	41	0.4	53	0.4	71	0.4
COMERCIO	684	8.3	1 075	9.5	1 197	9.2	1 600	9.2
TRANSPORTES	211	2.5	367	3.2	369	2.9	492	2.8
COMEDIO Y SERVICIOS	679	10.7	1 526	13.4	2 505	19.6	3 426	19.6
INSUFICIENTEMENTE ESPECIFICADO	385	4.3	62	0.7	748	5.8	1 001	5.9

Fuente: Dirección General de Estadística, SIC.

TABLA I.5 PRODUCTO INTERNO BRUTO POR ACTIVIDADES
(millones de pesos de 1980)

TIPO DE ACTIVIDAD	1966	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
TOTAL	214 804 (100%)	300 167 (100%)	310 612 (100%)	333 297 (100%)	366 505 (100%)	379 427 (100%)	386 584 (100%)	386 700 (100%)
ACTIVIDADES PRIMARIAS	30 222 (14%)	34 538 (12%)	35 235 (11%)	35 405 (11%)	35 179 (10%)	37 175 (10%)	37 693 (9%)	35 900 (9%)
INDUSTRIA	65 508 (31%)	102 154 (34%)	104 741 (34%)	114 528 (34%)	125 095 (34%)	134 134 (35%)	140 653 (36%)	144 000 (37%)
COMERCIO	67 328 (31%)	84 491 (28%)	87 325 (28%)	104 041 (31%)	111 085 (30%)	117 773 (31%)	121 525 (31%)	125 800 (33%)
TRANSPORTE Y COMUNICACIONES	8 443 (4%)	9 395 (3%)	10 086 (3%)	11 100 (3%)	12 385 (4%)	13 554 (4%)	15 049 (4%)	16 000 (4%)
SERVICIOS	44 003 (21%)	69 582 (23%)	63 211 (20%)	66 183 (20%)	72 877 (20%)	76 491 (20%)	80 651 (21%)	78 700 (20%)

Fuente: Banco de México

[illegible]

TABLA 1.7 TABLA DE EVOLUCION DEL TRÁMITO Y
PRONOSTICO PARA EL AÑO DE 1995. (D. F.)

	1970 (miles)	1995 (miles)	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO
AUTOMOVILES	589.81	5905.05	9.7
AUTOBUSES	9.88	40.88	6.6
CAMIONES	76.30	511.91	7.9

Fuente: SHADP.-Dirección General de Análisis de Inversiones.
Plan Nacional de Modernización de la red carretera -
federal. Diciembre de 1979.

Las tendencias de centralización económica hacia las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara, principalmente, han aumentado las disparidades entre estos centros urbanos y el resto del país. El gobierno federal ha implementado el Plan Nacional de Desarrollo Urbano que mediante ciertas políticas pretende disminuir paulatinamente los desequilibrios actuales. El freno al desarrollo de la ciudad de México así como el impulso a polos de desarrollo ya existentes y la creación de centros industriales que también sean polos de desarrollo, propiciarán un crecimiento económico más equilibrado.

Concretamente, las políticas que el Plan propone para el ordenamiento del territorio son:

- 1) Ordenar el crecimiento de la zona metropolitana de la ciudad de México.
- 2) Promover la desconcentración de la industria, de los servicios públicos y de las diversas actividades del sector privado, orientándolas a zonas que el Plan declare prioritarias.
- 3) Inducir el desarrollo de las ciudades con servicios regionales y las ciudades medias con potencial de desarrollo económico y social.
- 4) Promover el desarrollo de los sistemas de transporte y comunicación interurbanos como elementos de ordenación del territorio nacional.

Para poder lograr lo anterior, se han propuesto los siguientes mecanismos:

1) Para desalentar el crecimiento metropolitano de la Ciudad de México:

- Promover que los beneficiarios paguen el costo real de los servicios públicos, garantizando el acceso a los mismos.
- Regular el establecimiento de nuevas industrias en esta zona.
- Promover el establecimiento de nuevas unidades y de algunas ya existentes de la Administración Pública Federal fuera de la zona metropolitana de la Ciudad de México.
- Fomentar que el establecimiento de nuevas instituciones públicas de educación superior y que la explotación de las ya existentes se realice en ciudades con servicios regionales.

2) Para promover la desconcentración de la industria y los servicios públicos y privados orientándolos a las zonas prioritarias se deberá:

- Diseñar un mecanismo financiero y modificar el sistema de incentivos fiscales.
- Proponer, en coordinación con los organismos responsables, un sistema tarifario diferencial que refleje el costo de los servicios.
- Realizar programas de difusión, información y asesoría para las empresas, sobre las alternativas de localización industrial.

3) Para inducir el crecimiento de las ciudades con servicios regionales y - aquellas ciudades satélites con potencial de desarrollo, se deberán llevar a cabo acciones que permitan:

- Contar con los planes de desarrollo urbano de la localidad.
- Promover en las ciudades satélites, el otorgamiento de empréstitos y créditos para el desarrollo de las actividades productivas.

- Fomentar en ellas la localización de establecimientos industriales, de acuerdo a su actividad preponderante.
- Equiparlas con servicios educativos de nivel medio, medio superior y superior de acuerdo a su actividad económica preponderante.
- Equiparlas con servicios asistenciales, de acuerdo con los requerimientos de sus áreas de influencia.
- Fortalecer en ellas programas de construcción y mejoramiento de viviendas; infraestructura y equipamiento urbano.
- Orientar prioritariamente a las ciudades señaladas, todo tipo de créditos y financiamiento concertados para programas de infraestructura y equipamiento.

4) A efecto de que el futuro desarrollo de los sistemas de transporte y comunicación interurbana sea un elemento esencial para el ordenamiento del territorio y fortalezca la integración del Sistema Urbano Nacional, se determinó:

- Propiciar la creación de un sistema de grandes libramientos a la zona metropolitana de la Ciudad de México, evitando la construcción de nuevas carreteras convergentes a esta área.
- Propiciar que los ejes carreteros vinculen a las ciudades con servicios regionales localizados en la costa del Golfo con las del Pacífico.
- Fortalecer la interconexión de las actividades con servicios regionales, con los centros de población que constituyen su área de influencia.
- Propiciar la construcción de redes alimentadoras, caminos vecinales y de mano de obra, que faciliten el acceso a las ciudades medias con potencial de desarrollo y a las localidades que concentran los servicios para el medio rural.

5) A efecto de estimular el desarrollo de centros de apoyo a la población rural dispersa se requerirá:

- Concentrar acciones en localidades cuya ubicación geográfica e influencia

en el medio rural debería cubrir al mayor número de pobladores con los siguientes servicios públicos:

- Comunicación eléctrica e inalámbrica.
- Educación, capacitación técnica, planificación familiar, extensionismo, organización y capacitación campesina.
- Comercialización de productos básicos.
- Recreación, actividades culturales y deportivas.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCION

BIBLIOGRAFIA:

1. Asociación Mexicana de Caminos. "Carreteras y Transportes de México? México, 1973.
2. Quesada Lora L. "El Desarrollo Urbano de la Ciudad de México". Reunión Inter gubernamental sobre Asentamientos Humanos. Abril, 1976.
3. Cruz Baristain Gonzalo. "Apuntes del Curso Sistemas de Transportes", Facultad de Ingeniería, UNAM. 1979.
4. UNAM, Centro de Educación Continua.-Facultad de Ingeniería. "Curso de Economía del Transporte? Noviembre, 1974.
5. Enciclopedia Temática. Vol. VI. "Historia de los Transportes", Ed. Cumbre, - México, 1978.
6. Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales (IEPES). "Reunión Nacional sobre Viabilidad Urbana ", Neocalpan, Méx., 1976.
7. Consejo Nacional de Población (CONAPO). "Boletín Informativo No. 1", Octubre, 1979.
8. Nacional Financiera, S. A. "La Economía Mexicana en Cifras", México, D.F. - 1978.
9. Secretaría de Industria y Comercio.-Dirección General de Estadística. Departamento de Estadísticas Económicas. México, 1978.
10. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.-Dirección General de Asistencia de Inversiones. "Plan Nacional de Modernización de la Red Carretera Federal". México, Diciembre, 1979.
11. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. "Plan de Desarrollo Urbano (Versión Resumida). México, 1978.
12. Cal y Mayor, Rafael. "Ingeniería de Tránsito". Representaciones y Servicio de Ingeniería, S. A. México, 1974.
13. Consejo Nacional de Población (CONAPO). "Módulo Demográfico". (Breviario), - México, S. F., 1978.

CAPITULO II

PLANEACION

Indice

II.1 FUNDAMENTOS

- II.1.1 Análisis de la estructura del sistema
- II.1.2 Objetivos de la planeación
- II.1.3 Generación de alternativas de solución
- II.1.4 Toma de Decisiones, Técnicas de evaluación
- II.1.5 Diseño de procedimientos de aplicación

II.2 PLANEACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

- II.2.1 Componentes del sistema de transporte urbano
- II.2.2 Ingeniería de Tránsito
 - II.2.2.1 Estudios administrativos
 - II.2.2.2 Estudios operacionales
- II.2.3 Técnicas de simulación aplicadas a la Ingeniería de Tránsito.
- II.2.4 Evaluación de alternativas.
 - II.2.4.1 Análisis Beneficio-Costo
 - II.2.4.2 Análisis Costo-Efectividad

CAPÍTULO II. PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

II.1 FUNDAMENTOS.

DEFINICIÓN.— La planeación es un método que está formado por un proceso de exploración consistente en el análisis documentado, sistemático y tan cuantitativo como sea posible, previo a la modificación de una situación establecida y en el ordenamiento de las acciones que permiten dicha modificación.

Para efectuar este análisis se debe tener conocimiento del funcionamiento de la situación que se desea cambiar, de los recursos disponibles y de las metas y objetivos para proponer políticas, procedimientos y métodos que indiquen el curso de acción más adecuado.

La generalidad de los trabajos relacionados con el tema considera que el proceso de la planeación se divide en las siguientes etapas:

II.1.1. Análisis de la estructura del sistema: Se examinan las componentes del sistema y sus interrelaciones causales; se considera que esas componentes son en conjunto de características variables relacionadas causalmente — entre sí de modo que pueden identificarse. Estas variables son de tres tipos:

- a) Variables de necesidades, definidas a través de enunciados de objetivos.
- b) Variables de control. Como su nombre lo indica, estas variables son controladas por quienes toman las decisiones y que, directa o indirectamente, afectan al estado de cada una de las variables de necesidades.
- c) Variables incontroladas. Determinan la magnitud o estado de las variables de necesidades pero no se encuentran directamente bajo el control de quienes toman las decisiones, aunque algunas pueden estar indirectamente por determinadas variables de control.

La planeación utiliza el análisis de sistemas para identificar -

las relaciones entre las variables de necesidades, controlables e incontrolables, la cual constituye la base para el proceso de toma de decisiones.

Concretamente, en el análisis de sistemas intervienen una serie de actividades que conducen al conocimiento del comportamiento de un todo formado por variables interrelacionadas entre sí. Estas actividades son:

a) Definición del problema

b) Medición del sistema: Se establecen los objetivos del análisis, los cuales pueden ser de diversa índole, siendo entre los más importantes,

- Puramente económicos, es decir, de maximización del rendimiento de una inversión y minimización de costos de operación o de producción;
- Distributivos del ingreso, o sea, la promoción del bienestar de un grupo social a expensas de otro,
- Maximización de beneficios que difícilmente se pueden cuantificar, como son los servicios sociales.

Asimismo, se deberán identificar las variables y establecer el inventario de las mismas, para lo cual se fijan los criterios de medición de la efectividad de las variables que intervienen en el proceso.

c) Análisis de datos: se realiza el procesamiento de la información reunida durante la medición del sistema. Dicho procesamiento tiene que hacerse en general con ayuda de la computadora digital; su objetivo es descubrir las relaciones importantes entre las variables.

d) Modelado del sistema: el objeto de este paso es establecer modelos o relaciones que expliquen las interacciones entre las diversas variables del sistema. Este paso es de gran importancia ya que los resultados del análisis nunca podrán ser mejores que el modelo que se emplea para el mismo.

II.1.2 Conocimiento de los objetivos. Generalmente los procesos de la planeación tienen su origen en el requerimiento de satisfacer las necesidades o re-

solucionar problemas de una sociedad, de acuerdo a sus características sociales que, en el caso de zonas subdesarrolladas son, entre las más importantes, las altas tasas de crecimiento demográfico, dependencia y colonialismo del exterior, mala distribución del ingreso, bajos índices de productividad e industrialización, exportadores de materias primas e importadores de productos industrializados, carencia de obras de infraestructura, etc. Es necesario que los objetivos especifiquen cuáles son las necesidades más apremiantes y a qué grupos se debe dar prioridad en el servicio. Esto significa que se debe propiciar un desarrollo equilibrado de la economía mediante el beneficio de las categorías marginadas.

En el caso de zonas con cierto desarrollo, la planeación deberá responder a esas exigencias del desarrollo, tomando en cuenta los objetivos que se desean alcanzar.

II.1.3 Generación de alternativas de solución: Mediante el manejo de las componentes del sistema se implantan los cambios propuestos que conducirán hacia los objetivos en la forma más efectiva. La exploración de alternativas se da mediante de ensayo ordenado y observando la variación que sufren las medidas o técnicas de evaluación al cambiar determinadas variables del sistema a fin de seguir manejando aquellas que afectan en forma más positiva las medidas de efectividad. En este paso es frecuente recurrir a técnicas de optimización, estando entre las más importantes la programación lineal y la programación dinámica.

II.1.4 Toma de decisiones o selección de la mejor solución: Se efectúa una comparación entre la efectividad y el costo de cada alternativa. Para determinar el grado con que los sistemas cumplen sus objetivos se establecen las medidas de efectividad entre las que destacan las siguientes:

- a) Presupuesto disponible. Los gastos incluyen el precio de la tierra, construcción y operación del programa, personal, equipo, etc.

- b) Sector de la población que es beneficiado prioritariamente.
- c) Consideraciones de tiempo. Incluyen costos de inversión, tendencias de crecimiento de la población, etc.

Frecuentemente las medidas de efectividad no se pueden reducir a la misma escala para obtener, empleando técnicas de optimización o análisis de costo-beneficio, la solución más adecuada por lo que se aplican técnicas de evaluación para cuantificar todas las medidas de efectividad de cada alternativa. Entre las técnicas de evaluación se encuentran las siguientes:

- Evaluación y selección de alternativas:

Los principios de la evaluación cuantitativa de programas son:

- (1) Que se identifiquen los impactos de un programa en el tiempo.
- (2) Que se juzgue el grado de estos impactos en términos de su eficacia.
- (3) Que se consideren los requerimientos de recursos (costos) en el tiempo y se relacionen con la disponibilidad de esos recursos.

- Análisis de Beneficio-Costo

La medida que generalmente se emplea para la evaluación de proyectos es la relación de beneficio a costo, B/C, en que B mide los beneficios que se es para generar un proyecto determinado en el tiempo, y C mide su costo en el tiempo. Una relación B/C mayor que 1 indica la conveniencia del proyecto considerando exclusivamente la eficiencia económica; esto significa que no toma en cuenta otros objetivos deseables como la distribución de los ingre sos y la distribución de determinados bienes en que no actúan los mecanismos de mercado.

Este tipo de análisis es demasiado restringido para la evaluación de proyectos que generalmente se implantan a nivel urbano como son los programas de vivienda, salud, educación, parques y transporte público, precisamente debido a que contribuyen a objetivos de redistribución de ingresos, -

aunque se puede aplicar a estos temas realizando un análisis exhaustivo que englobe casi todos los conceptos del proyecto. Aún más, la relación B/C puede conducir a elegir una alternativa que no sea la más adecuada; por ejemplo, si $B_1/C_1 = R_1$ y $B_2/C_2 = R_2$, donde $B_2 > B_1$ y $C_2 > C_1$ y $R_1 > R_2$, se elige inmediatamente la alternativa 1, aunque en valor absoluto y en realidad sea la alternativa 2 la mejor solución.

- Análisis de Costo-Efectividad

Dependiendo de la urgencia y tipo del proyecto, el análisis de costo de efectividad adquiere dos modalidades: A corto plazo y a largo plazo.

a) Análisis a corto plazo

En el análisis a corto plazo se toman en cuenta los costos y los niveles de efectividad de cada proyecto. Se entiende por efectividad la medida cuantitativa con la que se alcanzan los objetivos fijados; por ejemplo, si el objetivo es eliminar los accidentes en diez intersecciones peligrosas, se proponen dos alternativas, (a) construir pasos a desnivel, con un costo de un millón de pesos cada uno y (b) instalar semáforos, con un costo de 100 mil pesos en cada intersección. La medida de la efectividad potencial de la alternativa (a) es que reduciría en un 50 % los accidentes y la de la alternativa (b) en un 30 %. Calculando el nivel de efectividad por unidad de costo, E/C , tenemos que $E_a/C_a = 50/1\ 000\ 000 = 0.00005$ y $E_b/C_b = 30/100\ 000 = 0.00030$, por lo que se elige la razón de efectividad-costo más elevada, o sea, la alternativa (b).

Para la decisión de elegir la mejor alternativa se deben tomar en cuenta los efectos indirectos que causen los proyectos propuestos. En la literatura referida al tema, se conocen estos efectos como "externalidades" que pueden ser positivas o negativas. En el caso mencionado, externalidades serían el hecho de ocupar mano de obra en la construcción de pasos a desnivel y el propiciar caos en el tránsito con la colocación de los semáforos. Obviamente, un administrador no asigna valor cuantitati-

vo a las externalidades de sus alternativas y las utiliza solamente de acuerdo su experiencia.

b) Análisis a largo plazo

El análisis a largo plazo considera los beneficios y costos futuros de cada alternativa, por lo que adquiere un carácter más general que la situación a corto plazo, considerando que la mayoría de los programas orientados al logro de un objetivo genera un horizonte de resultados distribuidos en el tiempo. (Fig. II.1)

La evaluación a largo plazo requiere que las técnicas de análisis estimen los beneficios y los costos en cualquier período de tiempo dentro del horizonte económico establecido y que los extrapolen al año del análisis para efectos de realizar una comparación cuantitativa de beneficios y costos de cada alternativa. En otras palabras, se deben traer a "valor presente" todos los beneficios y costos para, con el valor acumulado, - aplicar la razón de efectividad mencionada en el caso anterior y elegir la alternativa más adecuada. El método para obtener el valor presente de una serie de costos y beneficios distribuida en el tiempo se puede consultar en las referencias que están al final del capítulo.

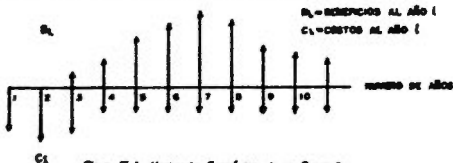


Figura II.1 Horizonte Económico de un Proyecto

II.4.5 Diseño de procedimientos de aplicación: Se implanta una secuencia de actividades que conducen a la solución esperada. Es importante señalar que debe incluir los siguientes pasos: Planación del programa, planación de la alternativa seleccionada, implementación del proyecto, producción o conse-

trucción, distribución o puesta en servicio, operación o consumo y retiro u obsolescencia. Para asegurar que las modificaciones propuestas tienen los efectos previstos se debe implementar un mecanismo de control que detecte - desviaciones de las consecuencias esperadas, así como un conjunto de correcciones que eliminen dichas desviaciones.

II.2 PLANEACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

El proceso de planeación aplicado al sistema de transporte urbano debe prever las necesidades de transporte futuras conociendo las actuales - para plantear la modificación de los componentes del sistema con objeto de satisfacer dichas necesidades. En otras palabras, se deben optimizar los - recursos disponibles para satisfacer la demanda de transporte urbano, a pla- zo inmediato y mediano.

Aplicando al sistema de transporte urbano los lineamientos esta- blecidos se tiene:

- Diagnóstico: Por medio de indicadores, encuestas, métodos de investiga- ción y estudios estadísticos se llega al conocimiento de la oferta y la - demanda de transporte en la situación actual.
- Objetivos: El sistema de transporte urbano tiene como finalidad directa proporcionar al usuario un servicio de movilización dentro de la ciudad - que satisfaga la demanda de un modo eficiente mediante la modificación de la oferta.
- Generación de alternativas de solución: Para obtener los objetivos fija- dos.
- Evaluación de alternativas: Se comparan los beneficios y los costos de - cada una de las alternativas para seleccionar la más conveniente al logro de los objetivos planteados.
- Control: En cada uno de los pasos mencionados se debe realizar un control para que se cumplan las funciones específicas.

- Correcciones: Se deben implementar procedimientos de corrección para cuando no ocurren los efectos previstos.

II.2.1 Componentes del Sistema de Transporte Urbano.

Para aplicar la planeación al sistema de transporte urbano, se requiere conocer los elementos o componentes que lo forman. La literatura que se enfoca hacia este tema considera que son tres las componentes:

- 1) **Infraestructura.** Se refiere a todos aquellos elementos relacionados con la oferta de espacio y estructuras viales. Se incluyen los tipos de vías, los estacionamientos, los dispositivos de control, la señalización, los puentes, pasos a desnivel, etc.
- 2) **Estructura.** Está formada por las características de los medios de transporte como son la capacidad de transportación, la potencia de transporte, las condiciones de operación, frecuencia de paso y comodidad del transporte público, economía de los desplazamientos vehiculares, contaminación y crecimiento vehicular y todos aquellos elementos inherentes a la oferta de medios de movilización.
- 3) **Superestructura.** Involucra directamente la demanda de transportación por parte del usuario. Se incluyen características socioeconómicas, físicas y psicológicas de peatones y conductores, como por ejemplo, incremento y distribución de la población, tiempos de reacción a estímulos visuales y sonoros, etc.

Los tres elementos mencionados son variables, es decir, susceptibles de ser modificados por el planificador y constituyen los elementos básicos de proyecto, por lo que en el capítulo siguiente se explicarán los conceptos esbozados aquí.

Para realizar un diagnóstico del funcionamiento en situación actual del sistema, se efectúan estudios relacionados con las componentes para determinar las relaciones entre la demanda hecha por la superestructura y la oferta presentada por la infraestructura y la superestructura. El conjunto de estudios y métodos aplicados al sistema de transporte para efectos de planeación ha adquirido gran importancia y se ha elevado a la categoría de rama de la Ingeniería civil, con el nombre de Ingeniería de Tránsito.

II.2.2 Ingeniería de Tránsito.

Definición: La Ingeniería de Tránsito es la parte de la Ingeniería Civil que se ocupa de la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito en las calles y carreteras que integran la red vial tanto urbana como rural, con el objetivo de proporcionar un servicio eficiente, seguro, económico, rápido y cómodo a los usuarios.

Los estudios de Ingeniería de Tránsito son una herramienta fundamental en la planeación del sistema de transporte porque permiten conocer el funcionamiento del sistema en las condiciones actuales, además de que ayudan a detectar las causas básicas del funcionamiento deficiente cuando esto ocurre, y por último, es posible generar alternativas de solución, actividades que corresponden al proceso establecido por la planeación. El resultado de los estudios de Ingeniería de Tránsito será el conocimiento de las condiciones en que opera el sistema de transporte.

Se pueden dividir estos estudios en dos grandes ramas que son: Estudios administrativos y estudios operacionales. Los primeros se refieren al desarrollo y mantenimiento de los inventarios de vías, transportes, señales,

etc., que proporcionen las bases para una buena operación de cualquier organización de Ingeniería de tránsito. Los seguros por su parte, se enfocan a los niveles de servicio que se ofrece a los usuarios del sistema.

Antes de mencionar los estudios de Ingeniería de Tránsito es conveniente definir los conceptos más importantes que están involucrados en la vialidad urbana. Estos conceptos son:

- 1) Volumen de tránsito. Es el número de vehículos que circulan por un tramo de la calle o avenida en un intervalo de tiempo dado; los intervalos más usuales son la hora y el día de los cuales resulta el tránsito horario TH y el tránsito diario TD.
- 2) Densidad de tránsito. Es el número de vehículos que se encuentran en una determinada longitud de la vía en un instante dado.
- 3) Tránsito promedio diario. Es al promedio de los volúmenes diarios registrados en un cierto periodo de tiempo. Este periodo puede ser una semana, un mes y un año.
- 4) Tránsito máximo horario. Es la máxima demanda durante una hora, para un lapso establecido de observación, normalmente de un año. También se le conoce a este tránsito como el que ocasiona los mayores congestionamientos en un periodo de tiempo llamado "horas críticas o punta".
- 5) Volumen horario de proyecto. Es el volumen horario de tránsito que serviría para determinar las características geométricas del camino o vía urbana.
- 6) Velocidad de proyecto. Es la máxima velocidad a la cual se puede circular con determinadas características geométricas y en condiciones ideales.
- 7) Velocidad de operación. Es la velocidad con la que circula el torrente vehicular en las condiciones prevalecientes y por lo general depende del volumen vehicular. Como máximo puede alcanzar a ser velocidad de proyecto.

- 6) Tiempo de recorrido. Es el tiempo que emplea el vehículo para cubrir una distancia determinada a la velocidad que fijen las condiciones prevalecientes.

II.2.2.1 Estudios Administrativos

Como ya se indicó, son los inventarios de la oferta del sistema de transporte. Estos estudios son:

- 1) Inventario de avenidas, calles y callejones indicando localización, dimensiones geométricas, número de carriles, sentido de circulación, tipo y condición del pavimento, iluminación.
- 2) Inventario de los dispositivos de control, mostrando la localización y el tipo de señales, cercas en el pavimento y semáforos.
- 3) Inventario del servicio de transporte mostrando la localización de las terminales de autobuses.
- 4) Inventario de estaciones de tránsito, especificando su capacidad, tipo y tiempo límite, además de la representación gráfica de su ubicación.

Para mayor comprensión de estos inventarios, se debe representar los gráficamente en mapas y planos. Estos inventarios constituyen la parte fundamental para realizar el diagnóstico de la oferta de espacio y estructuras viales y de la oferta de medios de transporte.

II.2.2.2 Estudios Operacionales

Los estudios operacionales son los que indicarán el tipo de función que cumple el sistema, es decir, si la oferta de transporte satisface la demanda del servicio. Entre estos estudios se incluyen los de capacidad, de uso del suelo, intersecciones conflictivas, velocidades, densidades, volúmenes de tránsito, de tiempos de recorrido y demoras, de accidentes y de origen y destino.

Capacidad Vial

La capacidad vial se define como el número máximo de vehículos - que pueden circular por un carril o por una vía en general durante un determinado lapso de tiempo que frecuentemente se considera de una hora. La función principal de este estudio es la de indicar el grado de eficiencia del camino analizado.

La determinación de la capacidad depende de las características - de los volúmenes de tránsito, del número de carriles de circulación, de las condiciones climatológicas y de las características geométricas del camino analizado y su objetivo es, además de conocer las condiciones de operación, el pronosticar el funcionamiento de un camino proyectado o el de una calle a la que se van a realizar cambios.

Niveles de Servicio.- En el análisis de capacidad se utiliza ampliamente - el concepto de nivel de servicio que indica las condiciones de operación - que experimentarán los vehículos al circular por la calle. El nivel de servicio está directamente relacionado con el volumen de tránsito que circula, esto significa que mientras menor sea el volumen, mejor será el nivel - de servicio y viceversa, al aumentar los volúmenes, el nivel de servicio - disminuirá; el límite al que puede llegar el nivel de servicio es la capacidad.

Para la evaluación del nivel de servicio se deben considerar la - velocidad de operación y el tiempo de recorrido, las interrupciones, la libertad para maniobrar, la seguridad y la economía, pero -debido a la dificultad para cuantificar algunos de esos elementos- se ha elegido a la velocidad como el factor principal para identificar el nivel de servicio, y complementariamente a la relación volumen de servicio a capacidad ($\frac{V}{C}$).

Por lo tanto, al variar la velocidad y el volumen de tránsito habrá un cambio en las condiciones de operación de la vía, lo cual equivale a un cambio en el nivel de servicio. Tradicionalmente se han considerado mis

niveles de servicio que se designen con las letras de la A a la F, cuyas características son las siguientes:

- El nivel de servicio A corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas. La densidad es baja y la velocidad solo es restringida por los límites impuestos y por las condiciones físicas de la calle. No hay obstáculos a las maniobras por la presencia de otros vehículos y los conductores pueden mantener las velocidades deseadas con pocas o ninguna desera.
- El nivel de servicio B corresponde a la zona de flujo estable, con velocidades de operación que comienzan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación. Las reducciones de velocidad son razonables, con una escasa probabilidad de que el flujo del tránsito reduzca.
- El nivel de servicio C se encuentra en la zona de flujo estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobra están más estrechamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores perciben la restricción de su libertad para elegir su propia velocidad, cambiar de carriles o rebasar; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.
- El nivel de servicio D se aproxima al flujo inestable con velocidades de operación aún satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación. Las variaciones en el volumen de tránsito y las restricciones continuas al flujo puede causar un descenso importante en las velocidades de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobrar con la consecuente pérdida de comodidad.
- El nivel de servicio E no puede describirse solamente por la velocidad, pero se representa la operación a velocidades aún más bajas que el nivel D, con volúmenes de tránsito correspondientes a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.
- El nivel de servicio F corresponde a circulación forzada, las velocidades

son bajas y los volúmenes inferiores a los de la capacidad. En estas condiciones generalmente se producen colas de vehículos a partir del lugar en que se produce la restricción. Las velocidades se reducen y pueden producirse paradas debidas al congestionamiento. En los casos extremos, tanto la velocidad como el volumen, puede descender a cero.

En los conceptos anteriores se ha considerado que el camino tiene condiciones ideales, lo cual no sucede así en la realidad; cuanto más alejadas estén las condiciones reales de las ideales, tanto más se reducirá la capacidad. Los factores que cambian las condiciones ideales son: el ancho del carril, los obstáculos laterales, los acostamientos, los carriles sudliares, las condiciones de la superficie de rodamiento y las características de los alineamientos horizontal y vertical, todos ellos relativos al camino; además la composición, distribución y variación del tránsito y los hábitos y deseos del conductor.

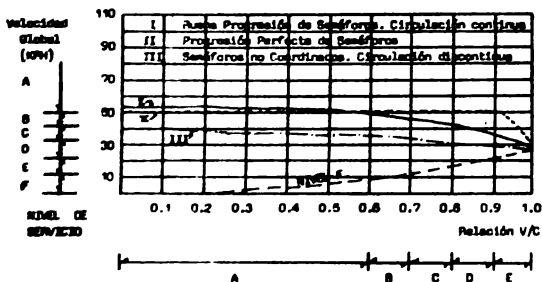
La capacidad en las arterias urbanas depende principalmente de la capacidad de las intersecciones a nivel que se encuentran a lo largo de la arteria, analizadas en forma aislada, aunque en el análisis de nivel de servicio se considera la arteria en toda su longitud.

La cantidad de vehículos que pueden pasar a través de una intersección depende de las características geométricas y de operación de los caminos, de la influencia de las condiciones ambientales, de las características geométricas y de operación de los caminos, de la influencia de las condiciones ambientales, de las características de la corriente del tránsito y de las medidas de control. Estas características involucran la anchura del acceso, el estacionamiento en el acceso y a la operación en uno o dos sentidos en lo relativo a las características geométricas y de operación; las condiciones ambientales representan las características de la demanda que se reflejan en la corriente del tránsito y son: el factor de carga, que es la relación del número de fases verdes del semáforo totalmente ocupadas en una hora de máxima demanda entre el número total de fases verdes en el mismo lapso de tiempo,

el factor de la hora de máxima demanda que es la relación entre el volumen en una hora crítica entre el volumen máximo en un periodo muy corto de esa hora y el uso del suelo de la zona donde se encuentre la intersección, las características del tránsito incluyen los movimientos de vueltas, la presencia de vehículos pesados y de autobuses de pasajeros; las medidas de control que afectan la capacidad son los semáforos.

Para conocer el nivel de servicio de una arteria urbana se debe investigar el efecto que tienen las interrupciones y las intersecciones sobre la operación del tránsito analizándose después la arteria en toda su longitud para determinar un valor promedio de la relación volumen-capacidad (V/C). Esto permitirá conocer la naturaleza verdadera de las condiciones operacionales.

La velocidad utilizada en el análisis es la velocidad global de todo a que la velocidad de operación es difícil de definir donde existe una variedad de interrupciones como son los límites de velocidad, número de intersecciones, conflictos a mitad de cuadra y semáforos. La relación que existe entre la velocidad global y la relación V/C se utilizará para determinar el nivel de servicios según la gráfica II.1



Centros Generadores de Tránsito (Uso del Suelo)

Son aquellas zonas de la ciudad que captan un gran núcleo de la población que emplea diversos medios de transporte para llegar a ellas; en términos generales, la demanda de movilización no puede ser satisfecha por los medios de transporte que atraviesan esas zonas en las horas de máxima demanda, no obstante que se esture la capacidad de las calles que se encuentran en dichas áreas, por lo que el sistema de transporte que comunique a los centros generadores deberá aumentar su capacidad de transportación para dar un servicio eficiente, además de que se evitará el aumento en tiempos de recorrido, la disminución de la velocidad y el alargamiento de las horas punta.

Las actividades comerciales, laborales, culturales y recreativas, determinan las zonas de origen y destino de las grandes masas de población; éste demandará servicio de transporte según dos tipos de movilización: El fijo y el circunstancial. El primero se refiere a los viajes que se inician en un sitio de la ciudad y concluyen en los centros generadores de tránsito como son las escuelas y los centros de trabajo, para regresar al sitio de origen; su característica es que se hace de un modo cíclico y cotidiano en días hábiles. El circunstancial es aquel movimiento que no obedece algún horario u orden sino que es casual y depende de las necesidades que surgen de transportarse, por lo que su determinación se vuelve incierta.

El conocimiento de los centros generadores de tránsito, en combinación con datos socioeconómicos como densidad de población, niveles de ingresos y rutas de transportes, permitirá determinar los medios de transporte adecuados para satisfacer la demanda actual y realizar pronósticos acerca de los futuros requerimientos de movilización.

Intersecciones Conflictivas

Las intersecciones son simplemente las cruces que hay entre dos o más calles pudiendo ser a nivel o a desnivel; las interferencias entre las diversas corrientes de tránsito representan peligros de colisión por lo cual

deberán tener características físicas que garanticen la seguridad de los usuarios. El volumen de tránsito, su composición y su velocidad de operación son los factores que definen el tipo de intersección que sea apropiada.

Cuando la demanda llega a la capacidad de las calles adyacentes a la intersección se presentan los congestiones y se forman colas de vehículos; además una deficiente accesibilidad provocará una disminución en el nivel de operación. En estos casos se puede hacer un estudio que proponga posibles remodelaciones que mejoren el funcionamiento, eleven el índice de seguridad y por tanto reduzcan el número de accidentes y de congestiones.

Generalmente las intersecciones que mayor problema representan para la libre fluidez del tránsito han sido rebasadas en su capacidad y los semáforos agravan la situación al estar programados inadecuadamente por lo que es necesario determinar el tiempo que tarda cada vehículo por carril en cruzar la intersección, y por lo tanto, el número de vehículos que cruzan la intersección durante el período de luz verde. Esta corriente vehicular dependerá de la aceleración con la que cada vehículo arranca y va desalojando de la avenida al iniciarse el período de luz verde cuando existen filas de vehículos esperando avanzar y dependerá también de la velocidad del flujo que llega al cruce cuando la luz es verde y no existe cola esperando pasar. En estos casos, se puede emplear la simulación que proporcione después de un análisis de llegadas a salidas y del avance del flujo vehicular los intervalos de tiempo del semáforo que logran un balance mínimo de colas entre las calles adyacentes y la intersección.

Estudios de Velocidad

La velocidad es la relación que existe entre una distancia y el tiempo empleado en recorrerla. Cuando el trayecto no se cubre de una manera uniforme, surgen variaciones en el concepto "velocidad"; en la realidad estamos en raras las veces en los que el corriente vehicular circula con velo

cidad uniforme debido al gran número de demoras causadas por factores tan diversos como los semáforos, el estado del pavimento, descomposturas de vehículos, congestiones lentas, etc., por lo que se utilizan otros conceptos de velocidad.

Velocidad Global: Es aquella velocidad en la que el tiempo incluye el de recorrido y el empleado en los retardos. Esta velocidad es con la que opera realmente el tránsito y se puede conocer con diversos estudios de velocidad como el de "velocidad de punto", "vehículo en movimiento", etc.

Velocidad de Punto: Es la velocidad instantánea de un vehículo cuando pasa por un punto dado de una vía; para medirla se pueden usar los métodos del cronómetro, del anoscopio y de radar. Se debe hacer un análisis para cada tipo de vehículo.

Velocidad de Marcha o de Crucero: Es la relación entre la distancia recorrida y el tiempo en el cual estuvo en movimiento, es decir, sin tomar en cuenta el tiempo empleado en las demoras.

Velocidad de Proyecto: Es la velocidad máxima con la que pueden circular los vehículos dadas las características geométricas de la vía.

Velocidad de Operación: Es la máxima velocidad a la que puede circular un vehículo bajo las condiciones prevalcientes del tránsito, o sea, considerando los factores que ocasionan retardos; esta velocidad tiene como límite la velocidad de proyecto.

Estudios de Volúmenes de Tránsito.

Los estudios de volúmenes de tránsito se realizan para conocer la eficiencia de los caminos, es decir, son una medida de la capacidad vial. Como se ha mencionado, el volumen de tránsito es el número de vehículos que pasan por la arteria en estudio en un intervalo de tiempo dado. Dependien-

de del objetivo del estudio, los intervalos más usados son al día y la hora.

Volumen Promedio Diario.

Para conocer el volumen promedio diario se realizan conteos las 24 horas del día y por un período de una semana, obteniéndose además, la variación del volumen durante los diferentes días de la semana. Este volumen cambia según el intervalo de tiempo considerado, es decir, habrá volumen promedio diario anual, mensual y semanal.

Volumen Horario

Los estudios para conocer el volumen horario sirven básicamente para conocer el nivel de servicio que presta la arteria en estudio, de acuerdo con las características geométricas y operacionales, y a diferentes horas del día.

33

Métodos para Determinar los Volúmenes de Tránsito.

Los métodos más usados para la determinación de los volúmenes de tránsito son los siguientes:

1) Método Automático.

Las estaciones de aforo automático registran los volúmenes de tránsito por medio de un detector que puede ser neumático o electrónico, los cuales tienen contadores acumulativos y que funcionan con pilas eléctricas.

El equipo neumático consta de tres partes:

- Detector, que consta de una sarguera que registra el número de vehículos al ser opresida por los llantes de éstos. Está fabricada de hule puro con sección circular o sección de media luna.

- Convertidor, que es un electroválvula que transforma los impulsos del aire -
proveniente de la sarguera en movimiento longitudinal de una suelle contig
da sobre un yugo en el extremo del electroválvula.
- Contador mecánico, en el que se registran los impulsos recibidos contabilizando un vehículo por cada dos impulsos que significan pares de ejes.
El registro de los datos se hará de acuerdo a las necesidades del estudio, cada hora o cada día.

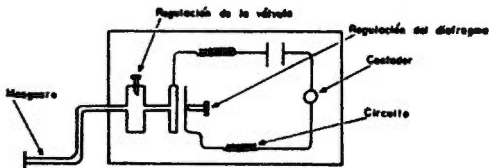


Figura II.2 ESQUEMA DEL CONTADOR NEUMÁTICO

El equipo electrónico también consta de tres partes:

- Detector, que está integrado por una antena construida por lo general en un campo magnético que es alterado por el paso de los vehículos.
- Transmisor, que tiene como función la comunicación de la alteraciones registradas en el detector al graficador.
- Graficador, que recibe las señales del transmisor y las acumula durante un período de tiempo, por lo general de una hora, al cabo del cual son dibujadas en una cinta de papel en código binario, cada 5, 15 ó 60 minutos, según se desee. En este caso, cada señal recibida corresponde a un vehículo lo que es el elemento que altera el campo magnético.

2) Método manual.

El método manual se realiza cuando no puede aplicarse el método automático o como comprobación de este último. Consiste en el conteo, por medio de los aforadores, de los vehículos que circulan por la arteria en estudio; este método permite conocer el volumen de acuerdo al tipo y tamaño de los vehículos. Los aforadores anotan sus conteos en formas de campo que contienen datos como nombre de la calle, sentidos de circulación, ubicación, lugar y fecha, intervalos de tiempo, tipo de vehículo y total de vehículos aforados.

Cuando dos personas aforan en una intersección simple, de cuatro ramas con sentido de circulación doble, deberán estar colocadas diagonalmente en esquinas opuestas. Cuando el tránsito es pequeño o mediano una persona puede atender dos accesos, pero cuando el tránsito es elevado se necesita un observador por acceso o varios observadores en casos extremos.

Según el objeto del estudio, los recuentos manuales pueden variar desde 5 minutos hasta 24 horas de duración, llevándose a cabo estas últimas en tres turnos de ocho horas.

Estudio de Tiempos de Recorrido

El tiempo de recorrido de un viaje se inicia en el momento en que arranca el vehículo y termina cuando el vehículo se detiene en el lugar de destino. Por lo tanto, incluye el tiempo en el que el vehículo circula y el tiempo en el que el vehículo permanece detenido por demoras y corresponde al tiempo empleado para determinar la velocidad global.

El estudio de tiempos de recorrido es muy útil en la planeación de nuevos sistemas de transporte y en la cuantificación del nivel de servicio que ofrecen las vías, ya que proporcionan la información siguiente:

- 1) Son una medida de la eficiencia de una vía y por tanto se emplean para calcular índices de congestión en rutas alternas.

- 2) Se utilizan para realizar análisis de beneficio-coste, de consumo de combustible y de contaminación ambiental.
- 3) Se emplean para pronosticar volúmenes de tránsito en calles nuevas o en calles que se van a mejorar, mediante simulaciones en la asignación del tránsito.
- 4) Se pueden conocer los puntos conflictivos y sus causas.
- 5) También sirven para valorar la efectividad de las mejoras hechas para ordenar y regular el tránsito comparando los tiempos de recorrido correspondientes a antes y después de ejecutada la obra.

Para determinar los tiempos de recorrido existen varios métodos - que son:

- 1) Método del vehículo en movimiento.

El vehículo del observador forma parte de la corriente del tránsito y circula con la velocidad promedio que el conductor estime. Para determinar también el tiempo de demoras, habrá que llevar dos cronómetros, uno para registrar el tiempo de recorrido y el otro para la duración de las demoras. Se recomienda que se efectúen de 6 a 12 recorridos, teniendo cuidado en que el número de mediciones realizadas en horas de volumen máximo no sea mayor de 3.

- 2) Método de observaciones aéreas.

Por medio de fotografías aéreas tomadas a intervalos fijos de tiempo se puede establecer el tiempo de recorrido. Asimismo, desde un punto elevado de alguna edificación se mide tanto el tiempo de recorrido como el de demora que los vehículos emplean para atravesar un tramo de longitud conocida.

- 3) Método de las placas.

Se selecciona un tramo de vía con dos observadores en cada extremo

con cronómetros sincronizados; a partir del momento convenido se anotan las 3 últimas cifras de los vehículos que pasan en ese momento. El tamaño de muestra variará según la exactitud que se requiera. La diferencia entre los tiempos observados de cada placa indicará el tiempo de recorrido de cada vehículo.

4) Método del tacógrafo.

El tacógrafo es un instrumento que va instalado al sistema de transmisión del vehículo y registra en un graficador las velocidades que afecta el vehículo a lo largo del recorrido.

Los resultados de estos estudios se representan por medio de curvas isócronas, del siguiente modo: En puntos fijados del tramo en estudio se indican en cada muestra el tiempo empleado para llegar a ellos, o bien, a intervalos regulares, generalmente de un minuto se anota la ubicación del lugar por el que se está circulando. Se marcan los puntos en un plano del lugar en estudio a los que se llegó en el mismo tiempo de recorrido y se unen entre sí.

Estudios de Accidentes.

Los estudios de accidentes se realizan para determinar la peligrosidad de lugares específicos en las arterias viales.

Definición.

Se entiende por accidente un acto o suceso de tipo eventual en el que resultan involucradas las personas u objetos que reciben un daño.

Clasificación

Los accidentes se producen, por lo tanto, por circunstancias relativas al camino, al vehículo y al usuario, resultando la clasificación siguiente:

- 1) Colisiones en ángulo recto entre vehículos que entran a una intersección.
- 2) Colisiones de vuelta a la izquierda entre vehículos que se aproximan uno a otro.
- 3) Alcances.
- 4) Atropellamientos.
- 5) Encuentros entre vehículos circulando en la misma dirección debidos a cambio de carril de alguno de ellos.
- 6) Choques de frente.
- 7) Vehículos que se salen de la arteria y sufren daños por volcadura o colisión.
- 8) Choques con vehículos estacionados.

Estadística de Accidentes.

Se realiza una metodología estadística para conocer los sitios de mayor frecuencia de accidentes, los días de la semana en que ocurren más a menudo, las causas aparentes, etc. y con ello tomar las medidas convenientes que conduzcan a la disminución del número de accidentes. Los puntos básicos en el estudio de accidentes en zonas urbanas son los siguientes:

- a) Reporte del accidente.

El informe oficial de los hechos lo hace el agente de tránsito mediante una forma de reporte de accidentes como la que se muestra a continuación, complementándola con un croquis del paraje.

[illegible]

Flora II.3 REPORTE DE ACCIDENTES DE TRÁFICO.

b) Illustrative calculations.

De acuerdo con los reportes de las manifestaciones se pueden establecer conclusiones e indicios de actividades como son:

- Variación del número de accidentes, lesiones, muertes y daños entre
rutas a través de los años, meses, días de la semana y horas del día.
- Tipos de accidentes producidos.
- Causas ocultas de los accidentes.

- Porcentaje en que participan los distintos tipos de vehículos.
- Controles que existan en el punto donde ocurrió el percance.
- Relación del siniestro con las condiciones climatológicas como lluvia, neblina, torbellinos, etc.
- Condiciones de visibilidad imperantes en el lugar de los hechos.
- Participación del elemento humano involucrado en los accidentes, por grupos de edad, como pasajeros, atropellados, lesionados, fallecidos y conductores responsables.

c) Índice de accidentes y de mortalidad.

Para evaluar de un modo real y preciso los accidentes, es necesario relacionar el número de ellos con aspectos comparativos que indiquen la variación e importancia reales de los siniestros. El número de personas se puede relacionar, por lo tanto, con el parque de vehículos, con la población total con el número de muertos, con el monto de los daños y con el número de kilómetros recorridos por el parque. Se consideran como importantes los siguientes:

- Índice de accidentes con base en la población

$$I_p = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 100\,000}{\text{No. de habitantes}} = \text{accidentes por cada } 100\,000 \text{ hab.}$$

- Índice de accidentes con base en los vehículos.

$$I_v = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 10\,000}{\text{No. de vehículos registrados}} = \text{accidentes por cada } 10\,000 \text{ vehículos.}$$

- Índice de accidentes con base en el kilometraje recorrido.

$$I_R = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 1\,000\,000}{\text{No. de vehículos-kilómetro.}} = \text{accidentes por cada millón de vehículos-kilómetro.}$$

Los índices de mortalidad se obtienen con las mismas fórmulas substituyendo en ellas el número de accidentes al año por el número de muertos - en el mismo período:

Símbolos

	vehículo en movimiento		Choque al girar a la izquierda.
	Pedón		Choque lateral
	vehículo estacionado		Vehículo sin control
	Vehículo en maniobra de estacionamiento		Vehículo retrocediendo
	Objeto fijo		Accidente mortal
	Choque por detrás		Accidente con heridos
	Choque de frente		Accidente con daños materiales.
	Choque en ángulo recto		

Estudios de Origen y Destino

Los estudios de origen y destino se utilizan para conocer las características de las líneas principales de demanda y así aprovechar convenientemente el sistema vial y los medios de transporte disponibles. Estos estudios constituyen una de las herramientas más útiles en la planeación del sistema de transporte urbano puesto que permiten conocer la ubicación de los lugares de origen y destino, el tiempo de viajes entre estos, el medio de transporte empleado, el uso de la tierra tanto en el origen como en el destino y algunas características socioeconómicas de los usuarios.

Los estudios O - D se clasifican del modo siguiente:

1° Estudios O - D para intercomunicación indirecta.

Son aquellos que no requieren del desplazamiento físico de personas o medio de comunicación, como son los estudios relacionados con los se-

dios electrónicos, generalmente utilizados para establecer el grado de integración socio-económica y cultural.

2) Estudios O - O para intercomunicación directa.

Son los estudios relacionados con los desplazamientos físicos de personas y bienes, así como de los medios de transportación.

Dentro de estas dos categorías, los estudios que interesan directamente en la solución a los problemas de tránsito y transporte, corresponden a la intercomunicación directa, los que se analizarán a continuación:

La metodología que es útil para la mayoría de los estudios O - O está formada por la siguiente secuencia de actividades:

- Definición. - La formulación de objetivos es uno de los pasos de mayor significación en los estudios de O - O, ya que permite conocer los alcances a los que se puede llegar considerando las limitaciones físicas, técnicas, administrativas, económicas, etc. Esto significa que habrá alternativas de solución que se eliminen a causa de las restricciones de diversa índole, las que necesariamente forzarán hacia soluciones parciales o a optar por una solución que no es la más idónea. Bajo este punto de vista, es más prudente al realizar pronósticos a corto plazo y con reservas en los casos de estudio y largo plazo.

- Marco de Referencia. - El marco de referencia se refiere a la magnitud física del área en estudio, por un lado y al alcance de las interacciones que la propia área tiene con un conjunto mayor, del cual forma parte. Por otra parte, independientemente del área en cuestión, el marco de referencia puede estar limitado por firmas específicas, por ejemplo, la detección de los vehículos exclusivamente, las líneas de deseo del hogar al trabajo a la escuela, etc. Se concluye que el marco de referencia se define por el propósito específico del estudio O - O y por las características propias

- Definición de los elementos representativos.- Los elementos que intervienen para que se produzcan los desplazamientos urbanos son de carácter aleatorio y dependen de la necesidad de viaje que los usuarios tengan. El conocimiento de la variación exacta de los desplazamientos es, por tanto, imposible, por lo que se tratará de reducir a los elementos que integran mediante una agrupación de elementos similares.

Para un estudio de O - O se procede a subdividir la zona en estudio en sectores homogéneos en cuanto a densidad, tenencia de vehículos, características socio-económicas, etc., de acuerdo al objetivo del estudio. Estos sectores fungirán como pequeños polos emisivos o atractivos de viajes, y por lo tanto, como puntos de origen y/o destino. Los límites sectoriales serán las arterias viales y las vías con elevado volumen de tránsito que separen las zonas diferenciadas.

Después se identificarán cualitativamente los desplazamientos locales, que no producen circulación interzonal, y el movimiento de pasajeros que emplean el transporte colectivo mediante el recuento de este modo de transporte y el índice de ocupación de cada tipo de vehículo. Esto es con el fin de disminuir el número de elementos que intervienen en el tránsito.

Por otro lado, es conveniente conocer el período de tiempo en el que el sistema de transporte no es eficiente, o sea, las horas en que la demanda supera a la oferta, para orientar los estudios O - O a estos períodos críticos.

- Muestreo.- El tamaño de la muestra por aplicar en los estudios O - O es variable, según la población estadística en el área de estudio. Básicamente el muestreo puede clasificarse en "grandes muestras" que corresponden al 20 % ó más de la población y en "pequeñas muestras" que son menores del 20 %. Existen fórmulas probabilísticas aplicables al muestreo estadístico para encontrar el tamaño de la muestra requerida y el nivel de confianza deseado.

- Polos atractivos y estructurales de viajes. - A reserva de explicarse en el punto "USO DEL SUEÑO", la importancia de zonas determinadas que se distinguen por ser centros de emisión o de atracción de viajes radica en que son puntos de origen o destino o ambos de la población. Estos centros son:

- a) Comerciales: Se incluyen todos los establecimientos que abastecen a la masa de la población, funcionando sobre todo como centros atractivos.
- b) Industriales: Zonas que se dedican a la producción manufacturera y que atraen a un gran número de trabajadores.
- c) De Oficinas: En las que se realizan operaciones con los servicios e incluye una gama de agencias, despachos, bancos, etc.
- d) De Servicios: Son todos los servicios públicos, talleres, peluquerías, museos, templos, etc.
- e) De Esparcimiento: Cines, teatros, estadios, parques, etc.
- f) Residenciales: Las únicas zonas que evitan viajes y pueden ser unifamiliares y multifamiliares.

- Patrones del viaje. - Los patrones del viaje se refiere al motivo, frecuencia e intensidad del mismo. Algunos estudios han concluido que aproximadamente un 80% de la población tiene como origen o destino la residencia, correspondiendo una tercera parte a los desplazamientos de residencia al trabajo y el resto entre zonas no residenciales.

La red vial y los medios de transporte inducen al usuario a adoptar una ruta y un horario específicos, lo cual debe considerarse en los pronósticos, puesto que las modificaciones en la red o en los medios de transporte, pueden alterar considerablemente los patrones de viaje.

- Plan de Acción. - Dependiendo de la importancia y exactitud del estudio, además de los recursos humanos, financieros y de tiempo, hay una gama de métodos para realizar el estudio. En la gran mayoría de los libros se

los dedicados al tema, destacan por su importancia los siguientes procedimientos:

1. Encuesta a conductores de vehículos

Este método consiste en una entrevista directa con el conductor - del vehículo, sea automóvil, autobús o camión, de la cual se obtienen el destino, la ruta empleada, el lugar de estacionamiento de cada vehículo y la frecuencia de los viajes. Este tipo de información es típica de los viajes dentro de las ciudades. En los desplazamientos interurbanos la información es más extensa, como por ejemplo, a un conductor de camión de carga se le debe preguntar el tipo de carga, la cantidad, etc.

Se recomienda realizar las entrevistas de modo que no se provoque congestionamiento, pero teniendo cuidado en que la muestra tomada sea representativa del caudal de vehículos. Para no causar demoras, los resultados de las entrevistas deben anotarse en unas hojas de campo preparadas con anticipación y para que la muestra sea representativa deberá comprender del 25 al 50 % del tránsito durante cada hora.

ORIGEN Y DESTINO					
HOJA DE CAMPO					
DIRECCION _____		ESTADO DE TIEMPO _____		ESTACION No. _____	
HORA INICIAL _____		HORA FINAL _____		DE ENTRADA _____	
HORA DE SALIDA _____		HORA FINAL _____		DE SALIDA _____	
1	2	3	4	5	6
Origen	Destino	Ruta	Estaciones.	Frecuencia	Otros
Calle, calle, zona o otra ciudad		calles o carreteras	ubicación	Regularidad	

Este método es de gran utilidad cuando el personal es limitado y se requiere datos sobre origen, destino, propósito del viaje y lugar de estacionamiento para fines de distribución del tránsito.

2. Tarjetas a los conductores.

En este método se proporciona a los conductores tarjetas con un cuestionario simple que involucre la información del método anterior y que deben regresar por correo. Las estaciones de muestreo serán en lugares de circulación lenta como en casetas de cobro, semáforos en "ALTO" etc. Se emplea este método en arterias con intenso tránsito donde no es posible hacer encuestas directas sin causar congestiones; este método proporciona una muestra representativa ya que la entrega de tarjetas se puede hacer a un gran porcentaje de los vehículos.

Las inconveniencias del empleo de tarjetas radican en una posible distorsión de los datos obtenidos al no haber cooperación de todos los vehículos muestreados, ya sea por datos falsos o por tarjetas no devueltas.

2. Placas de los vehículos en movimiento.

En las estaciones seleccionadas se anotan los tres últimos dígitos de las placas y la hora de la observación. El origen del viaje es donde fue registrado el vehículo por primera vez y el destino donde se lo observó por última vez, obviamente, la zona de estudio será de un tamaño tal que se evita que los viajes empiecen y terminen dentro de dicha zona.

Con este método solo se obtiene información acerca de los orígenes y destinos, es decir, se desconoce el propósito del viaje y el lugar del estacionamiento. La información obtenida es probablemente más veraz que en los métodos anteriores puesto que no hay dependencia de las respuestas de los conductores, aunque requiere de un personal numeroso.

4. Tarjetas sobre el Vehículo.

Se trata en este método de colocar una tarjeta al vehículo cuando entra en la zona en estudio; esta tarjeta tiene anotados el lugar donde se entregó y la hora. Al salir de la zona se registra la hora, la dirección del viaje y la estación que lo detectó para así conocer el destino. Al conductor se le informa solamente de lo que se trata por lo que en este estudio tampoco se conoce el propósito ni la frecuencia del viaje.

5. Placas del Vehículo estacionado.

Este método es exclusivo para conocer el origen de los viajes que tendrán en zonas predominantemente atractivas como las zonas centrales de comercio. A todos los vehículos estacionados en estas zonas se les registra su placa y para conocer el origen, se recurre a los archivos de la dependencia encargada de controlar los vehículos de motor, de la que se obtienen las direcciones donde se inician los viajes. Es evidente que el uso de este método es muy restringido: No informa más que los viajes al centro, no revela acerca de los transportes colectivos ni del propósito, frecuencia y tiempo de los viajes.

6. Encuestas Domiciliarias.

Dentro de la zona en estudio, se toma una muestra de las unidades habitacionales, para efectuar en éstas una encuesta que se relaciona con los viajes hechos las últimas 24 horas.

El tamaño de la muestra varía según la población del área estudiada por lo general, las ciudades de 50 mil a 100 mil habitantes requieren una muestra de 1 en 8; de 100 mil a 300 mil habitantes, de 1 en 16; de 300 mil a 1 millón de 1 en 20 y, mayores de 1 millón de 1 en 25.

La unidad habitacional es elegida e identificada por calle y número de acuerdo al mapa de la ciudad; en las entrevistas se anota la informa-

ción sobre todos los viajes hechos por los residentes al día previo a la entrevista.

Este método proporciona una información bastante amplia, ya que se detallan los viajes en todos los medios de transporte, el propósito de los viajes, la ruta empleada y el tiempo de recorrido. Los inconvenientes radican en el costo, ya que requiere este método de mucho tiempo y de un personal relativamente numeroso.

7. Cuestionario Postal a los Propietarios de Vehículos de Motor.

A los propietarios de vehículos dentro de la zona en estudio se les envía un cuestionario impreso en el que se solicita indicar todos los viajes de su vehículo hechos un día después de que la tarjeta es recibida, normalmente, un día entre semana y luego enviarlo sin costo a la dirección que también está impresa. Como todos los métodos de este tipo, su eficiencia depende de la cooperación de los propietarios.

8.- Cuestionario de empleados.

Los cuestionarios son distribuidos a todos los empleados de un centro laboral y se recogen en el mismo día en que se reparten. Se conocen datos sobre rutas, tiempos de recorrido, estacionamiento y costo de viaje y medios de transporte utilizados.

9.- Cuestionario para terminal de transporte públicos.

Por medio de cuestionarios que se entregan a los usuarios de autobuses, ferrocarriles y aeroplanos se puede conocer información acerca del medio de transporte que empleó el usuario para llegar a la terminal, la ruta seguida, el origen del viaje y el tiempo que usó para realizarlo.

10. Cuestionario del Pasajero del Transporte Público.

Se entrega una tarjeta a cada pasajero que sube en el autobús o tranvía y debe ser entregada antes de descender. Este método proporciona información sobre los orígenes y destinos a los pasajeros que usan una ruta específica de transporte público.

Como todos los estudios de tarjetas, puede haber un bajo porcentaje de retorno y puede haber información tendenciosa.

11. Método de Síntesis.

Este método depende de la determinación del número de viajes generado y del número de viajes atraído por ciertos tipos de actividades en el uso de la tierra. Mediante entrevistas domiciliarias se conoce el número de viajes de trabajo generados por familia y el número de viajes de trabajo que son atraídos por cada trabajo en el lugar del empleo. Así, si el número de familias en una zona es conocida y el número de trabajos en la misma es conocido también, los orígenes y los destinos de los viajes de trabajo pueden ser calculados para esa zona. Similarmente, se pueden calcular los orígenes y los destinos para viajes de compras, de diversión, etc. Después que se calcula el total de viajes generado y atraído por cada zona, los viajes deben ser distribuidos usando una fórmula de distribución o modelo.

12. Método Integral.

Este método proporciona la información más completa de todos los estudios mencionados. Se divide en estudio interno y en estudio externo: El interno consiste en entrevistas domiciliarias complementadas con información sobre viajes de autobuses y taxis, y el externo es hecho para determinar recorridos de conductores de automóviles no residentes en el área analizada según el método de entrevista directa al conductor.

En síntesis, todos los estudios que constituyen la Ingeniería de Tránsito proporcionan los medios para conocer la eficiencia del sistema de transporte en la situación actual y ayudan a detectar el o los elementos - que originan la ineficiencia, en caso de que ésta exista.

El siguiente paso en la planeación es la generación y evaluación de alternativas. En la generación de alternativas, se proponen modificaciones a las componentes del sistema; para pronosticar el comportamiento del sistema con las modificaciones propuestas sin que éstas se lleven a cabo en la realidad se hace uso de los modelos, que son representaciones simplificadas de un funcionamiento real.

II.2.3. Técnicas de Simulación Aplicadas a la Ingeniería de Tránsito.

Como se ha mencionado, la simulación representa situaciones reales por medio de modelos formales y permite al conocimiento de una situación futura sin que ésta necesariamente se lleve a cabo. Los modelos que hasta ahora se han aplicado en la Ingeniería de Tránsito son: Asignación de tránsito, distribución de tránsito, asociación de modos de transporte, asignación de rutas y uso del suelo.

En los modelos se combinan criterios técnicos y criterios socioeconómicos que influyen en forma directa en el funcionamiento del sistema; los criterios técnicos emplean los resultados de los estudios de velocidades, tiempo de recorridos, origen-destino, estacionamiento y los de inventarios vial y de medios de transporte, etc. Los criterios socioeconómicos se basan en la evolución demográfica, en la población económicamente activa, en los niveles de ingresos, etc.

El procedimiento que emplea la simulación consta de los siguientes

- 1.- Formulación del problema
- 2.- Procesamiento de datos obtenidos por los estudios de tránsito.
- 3.- Formulación del modelo matemático.
- 4.- Estimación de los parámetros que definen las características operacionales.
- 5.- Evaluación del modelo y de los parámetros estimados.
- 6.- Elaboración de un programa para computadora.
- 7.- validación.
- 8.- Diseño de los experimentos de simulación.
- 9.- Análisis de los datos simulados.

El proyectista idea varias alternativas y se evalúan cada una con el modelo descrito sin perder el objetivo básico que se persigue. En la etapa de evaluación del modelo se emplea frecuentemente la ecuación:

$$E_1 = f(V_1, C_1)$$

donde

E_1 = Medida de eficiencia o valores de mérito (FOM)

V_1 = Variables no controladas en el sistema.

C_1 = Variables controladas en el sistema.

Cada alternativa de solución se presenta de modo que se aprecie la diferencia entre ellas. El costo básico de transporte, inversión inicial, horizonte de vida útil, mantenimiento del sistema, etc., serán datos que servirán para comparar y evaluar las alternativas.

II.2.4 Evaluación de Alternativas.

En esta etapa del proyecto, el encargado de tomar decisiones debe evaluar cada alternativa independiente, de acuerdo con el objetivo fundamental

tal del proyecto, es decir, la implementación de un sistema de transporte -
eficaz. El proceso de evaluación se debe ejecutar individualmente porque -
cada alternativa seguramente tendrá características subjetivas muy difíciles
de representar o cuantificar con números reales, por ejemplo, la determinación
de las preferencias de los usuarios al cambiar de medios de transporte,
la cuantificación en dinero por partículas contaminantes aspiradas, la modi-
ficación de calles para vehículos en peatonales, etc. Es decir, la evalua-
ción no significa la simple suma de los beneficios dudosamente cuantificados
entre la suma de lo que va a costar la realización del proyecto y elección -
de la alternativa que proporcione la mayor relación, que muy probablemente -
no sería la mejor solución.

Las técnicas de evaluación hasta ahora empleadas no consideran los
beneficios y costos no cuantificados, sino que se limitan a considerar bene-
ficios y costos reales. A estos análisis pertenecen los de "beneficio-costos"
aunque recientemente se ha aplicado un método menos deficiente que es el de
"costo-efectividad".

II.2.4.1 Análisis "Beneficio-Costos".

Como se ha mencionado, este análisis toma en cuenta beneficios y
costos cuantificables. Los beneficios son generalmente ahorros en dinero y
en tiempo por concepto de menores tiempos de recorrido y menores costos de g-
peración. Los costos son generalmente por adquisición de derecho de vía, tr
nsmisión, pavimentación, señalización, mantenimiento y todos los relaciona-
dos con la construcción o modificación de las vías.

Se calcula el horizonte económico del proyecto y se trata a valor
presente tanto los beneficios como los costos; la alternativa que tenga el
mayor índice (conocido como "índice de rentabilidad") será la más adecuada.

inversión cada; de otro modo, la tasa interna de retorno es equivalente a la tasa de interés cuando el valor presente del proyecto es igual a cero. Obviamente, la alternativa que tenga mayor tasa interna de retorno será la elegida.

Se observa que estas técnicas no valdrán la continuación ni el impacto emocional que los congestionamientos producen en los usuarios, además de que la simple relación "Beneficio-Costo" proporciona resultados engañosos, el pronóstico de beneficios y costos puede ser falso y aún la misma cuantificación de éstos es dudosa.

11.2.4.2. Análisis "Costo-Efectividad".

En el análisis costo-efectividad, se consideran los mismos costos del anterior análisis, pero los beneficios ya no son una hipotética representación monetaria sino son una apreciación de los objetivos alcanzados por cada alternativa. A cada costo se asocia una medida de efectividad, es decir, cada alternativa tendrá un costo en millones y su efectividad se dividirá en velocidad, comodidad, frecuencia de transporte público, sincronización de semáforos, etc., con puntuación de 1 a 100. Se recomendarán aquellos que tengan mayor efectividad aunque es conveniente no comprometerse sino presentar la situación de cada alternativa al decisor.

Conviene indicar que el encargado de tomar las decisiones debe utilizar estos análisis como simples estimadores de la situación dada sus restricciones y utilizar información más completa o la experiencia de personas capacitadas en el tema para llegar a la solución más adecuada.

En resumen, las dos partes fundamentales de la planeación del sistema de transporte urbano son: Por un lado, la determinación de la demanda de infraestructura y estructura viales por parte de los usuarios actuales y futuros, y por el otro la oferta que se puede proporcionar para satisfacer -

esa demanda. Mediante estudios de población como censales de población, - crecimiento demográfico y crecimiento financiero de los habitantes se puede conocer la demanda y hacer pronósticos de la misma para años siguientes. Con el inventario del sistema vial disponible y de los medios de transporte es posible cuantificar la oferta que trata de satisfacer a la demanda.

Si la demanda no es satisfecha por la oferta, el planificador pasa -- su estudio al proyectista para que este a su vez analice la situación actual y proponga un nuevo sistema que satisfaga la demanda con un horizonte económico de amplitud conveniente.

CAPITULO II.

PLANEACION

BIBLIOGRAFIA:

1. Secretaría de Obras Públicas. "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras" México, 1976.
2. Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras. "XV Congreso Mundial de Carreteras, Tema VII, Asuntos Económicos Suecia. México, - Octubre, 1975.
3. Kruckeberg, Donald A. y Arthur L. Silvers. "Análisis de Planificación Urbana: Métodos y Modelos". Ed. Limusa, 1976.
4. Cal y Mayor, Rafael. "Ingeniería de Tránsito". Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., México, 1974.
5. Banco Mundial. Transportes. Documento Sectorial, 1975.
6. Pérez Méndez, Juan Manuel. "Elementos Básicos para la Ingeniería de Tránsito". México, 1977.
7. Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM). "La Planeación del Metro en la Ciudad de México". Seminario sobre Transportación Urbana. México, 1976.
8. Seminario de Ingeniería de Tránsito, Querétaro, Jal. Septiembre, 1976.
9. Revista de Ingeniería. Artículos de los Ingenieros Alberto Gúrali Cohen y - Ramón Vázquez Serran. Abril, 1969.
10. Escuela Nacional de Arquitectura, UNAM.- Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes del Departamento del Distrito Federal, Asociación Mexicana de Ingeniería de Tránsito, Curso de Ingeniería de Tránsito, Agosto - 1974.
11. Gerez, Víctor y M. Grijalva. "El Enfoque de Sistemas". Ed. Limusa, México, D. F., 1978.

CAPITULO III

PROYECTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

INDICE

III.1 ANTECEDENTES

III.2 ELEMENTOS BASICOS DE PROYECTO

III.2.1 Infraestructura Vial

III.2.1.1 Generalidades

III.2.1.2 Dispositivos de control

III.2.1.3 Estacionamientos

III.2.1.4 Señalización

III.2.2 Estructura del Sistema de Transporte Urbano

III.2.2.1 Generalidades

III.2.2.1 Medios de transporte urbano

III.2.3 Superestructura del Sistema de Transporte Urbano

III.2.3.1 Generalidades

III.2.3.2 Consideraciones sobre la continuación

III.1 ANTECEDENTES

Concluido el análisis de las condiciones de operación del sistema de transportes vigente, el administrador público emite las conclusiones de dicho análisis. Estas conclusiones están contenidas dentro de alguna de las situaciones siguientes:

- a) El servicio proporcionado es adecuado y eficaz, previéndose que esta situación tiene un horizonte amplio.
- b) El servicio proporcionado es adecuado y eficaz, pero con un horizonte muy corto, es decir, se aproxima a la insuficiencia.
- c) El servicio proporcionado no es adecuado.

En el primer caso, el curso de acción consiste en continuar con niveles de servicio aceptables, así como en un pronóstico de la vida útil restante del sistema.

En el segundo y en el tercer caso, se procede a realizar un estudio más minucioso que el simple conocimiento de la situación actual; de este estudio se obtiene una gama de alternativas de solución, las cuales son sometidas a un análisis de evaluación como los sancionados y proponer la solución más adecuada a los administradores que toman las decisiones.

Los recursos con que cuenta el proyectista para tratar de modificar un sistema de transporte urbano inoperante tienen relación directa con el sistema vial, con los medios de transporte y con la población, elementos que según la literatura del tema se les conoce como "elementos de proyecto".

Con respecto a la modificación del sistema vial, se incluyen los cambios de sentido de las calles, ampliación del ancho y del número de carriles, construcción de intersecciones a desnivel, puentes viales, mejoramiento de las características geométricas de las calles, canalización por medio de banquetas, supresión de carriles, calles con sentido único de circulación

instalación adecuada, sincronización de semáforos, supresión de vueltas a la izquierda, restricciones a estacionamientos, carriles exclusivos para el transporte colectivo, sistemas de vías separadas, etc.

En relación a los medios de transporte, el proyectista cuenta con la implementación del transporte masivo en áreas saturadas y la restricción del transporte particular en las mismas, el uso de transporte no contaminante y eficiente, la cancelación del permiso de circulación a vehículos ruidosos y contaminantes, el establecimiento de rutas del transporte público, el cumplimiento de los programas de mantenimiento para el transporte masivo, etc.

Los recursos que incurren al elemento formado por los usuarios, - sean conductores o peatones, consisten en medidas de publicidad para alentar el uso del servicio público, promociones para efectos de educación vial, restricciones para el uso del transporte particular, racionalizado de gasolina, infracciones severas en faltas al reglamento e incluso el cobro de los puntos por entrar en áreas saturadas.

Para cumplir con las sanciones a vehículos y usuarios que hayan cometido infracciones se requiere de un cuerpo de vigilancia honesto, eficiente e inteligente, condiciones que pese a los esfuerzos realizados en la Ciudad de México por conseguirlos, hoy por hoy son una utopía.

Al hecho de implementar el plan de acción óptimo de todos los casos previstos se le conoce con el nombre de PROYECTO y en el cual se definen las características de los medios de transporte, las características físicas de la vialidad y las características del USUARIO, además de las medidas necesarias para resolver los casos imprevistos.

III.2 ELEMENTOS BASICOS DE PROYECTO

III.2.1 INFRAESTRUCTURA VIAL

III.2.1.1 GENERALIDADES.- La infraestructura vial es el conjunto de los elementos físicos que tienen relación con la circulación de los vehículos y de los peatones; está constituida por las calles y avenidas sobre las que transitan los vehículos, por las banquetas, los dispositivos de control, los estacionamientos, la señalización, la iluminación, los puentes, los pasos a desnivel, etc.

Las vías urbanas -calles y avenidas- se dividen en dos tipos: El primario y el secundario. El primer tipo o Sistema Vial Primario está formado por los siguientes tipos de vías:

- 1) Autopistas urbanas de circulación continua, con intersecciones a desnivel y accesos controlados. Están proyectadas para proporcionar al mejor nivel de servicio al eliminar algunos causas de retrasos como los semáforos.
- 2) Avenidas de dos o más carriles con sentido único de circulación o con dos sentidos separados por una línea de señalización o por un camellón central. Tienen capacidad similar a la de las autopistas, pero su nivel de servicio es menor por la existencia de semáforos, de carriles para estacionamiento y porque se permite la circulación de vehículos pesados, aunque el acceso es parcialmente controlado, y
- 3) Calles principales de dos carriles de circulación por sentido. Son semejantes a las avenidas de dos carriles, pero no se tiene control de acceso.

El segundo tipo o Sistema Vial Secundario está formado por las calles colectoras que conducen al tránsito con la red principal y por las calles locales que son utilizadas por los usuarios de las propiedades colindantes. En estas calles se permite el estacionamiento y, aunque su capaci-

dad es baja, es adecuada para soportar los pequeños volúmenes de tránsito que las utilizan.

La importancia de ambos sistemas estriba en que constituyen la oferta que debe satisfacer la demanda de espacio vial por parte de los usuarios: Si las vías no son las adecuadas, el sistema de transporte no trabajará eficientemente.

Las banquetas son las partes del espacio vial destinadas a que los peatones puedan circular con seguridad y libertad de movimiento; se colocan generalmente en los lados y/o en el centro de la superficie vial. Su función consiste en ofrecer a la comunidad sitios adecuados por los que pueda caminar y de este modo evitar el uso innecesario de los demás medios de transporte.

III.2.1.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL. - Los semáforos son dispositivos que regulan y controlan la circulación del tránsito en las intersecciones de las vías o en puntos conflictivos. Su operación se basa en aparatos electro-mecánicos, electrónicos y recientemente en computadores y constan de los siguientes elementos:

- 1) Unidad óptica: Está formada por un portalámparas en el que se fija una lámpara incandescente de 60 a 70 watts que iluminará una lente difusora de color verde, rojo o ámbar, la cual refractará la luz hacia abajo. Con objeto de no perder intensidad de luz y para evitar el fenómeno del fantasma solar se coloca un reflector en cada lente.
- 2) Caja: Para proteger la unidad óptica, se coloca en una caja de fundición formada de una aleación de aluminio o de policarbonato.
- 3) Accesorios: Primeramente los dispositivos para unir cajas seccionales y formar el semáforo con las indicaciones de alto, siga, preventivo, y flash. Para instalar el semáforo se emplean accesorios de fierro tales -

como crucetas, codos y tubos. Por último, la visera, que sirve para mantener limpio el cristal y para que la señal sea vista solo al lugar al que se dirige.

La clasificación de los semáforos se basa en el mecanismo de operación de los controles que regulan la duración y la secuencia de las indicaciones luminosas:

1) Semáforos para regular el tránsito de vehículos.

- de tiempo fijo
- accionados por el tránsito
 - ° totalmente accionados por el tránsito
 - ° semiaccionados por el tránsito
 - ° adaptables a las variaciones del tránsito

2) Semáforos para peatones

3) Semáforos especiales

- de destello
- de control de circulación por carriles
- de control del tránsito en accesos a puentes levadizos
- semáforos y barreras para los pasos de ferrocarril a nivel

Las indicaciones significan lo siguiente:

- a) Verde: Los vehículos que avanzan hacia el semáforo pueden seguir de frente, dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos de que alguna señal lo prohíba.
- b) Amar: Advierte a los vehículos que están frente al semáforo que está a punto de aparecer la luz roja y que la circulación debe detenerse.
- c) Rojo: El tránsito que marcha hacia el semáforo se detendrá antes de la raya de alto o frente al semáforo, procurando dejar paso a los peatones.
- d) Flechas directivas: El tránsito que avanza hacia el semáforo podrá seguir

la dirección indicada por las flechas.

- e) Destello rojo: Indica al conductor que debe detenerse antes de atravesar la intersección y esperar la marcha con precaución.
- f) Destello ámbar: Indica que el conductor debe atravesar la intersección con precaución, ya que en los demás accesos se encuentra la indicación de destello rojo.

La utilidad de los semáforos, en caso de que se instalan y funcionan correctamente, se observa en las siguientes ventajas.

- a) Interrumpir el tránsito intenso en una vía, para permitir el paso de vehículos y peatones en la otra.
- b) Reducen las frecuencia de accidentes como atropellamientos y colisiones en ángulo recto.
- c) Coordinan el tránsito y controlan su velocidad.
- d) Representan una economía considerable en comparación con el control manual en intersecciones donde se necesita asignar alternativamente el derecho de paso.

En caso de que los semáforos estén mal colocados o mal instalados pueden contribuir a aumentar cierto tipo de accidentes, a ser causa de desperdicios innecesarios y a provocar la desobediencia de los conductores. Para evitar una operación deficiente se pueden utilizar métodos de simulación en computadora que tienen por objeto encontrar los tiempos óptimos de funcionamiento de los semáforos y lograr de este modo el equilibrio entre los flujos vehiculares que convergen en la intersección. Para aplicar un modelo estadístico se necesitan conocer datos como el volumen máximo que espera cruzar en un intervalo pequeño de tiempo (3 a 6 minutos), la cantidad de vehículos que logran atravesar y los tiempos de entrada, de prevención y de parada. El proceso de simulación proporcionará los intervalos de tiempo óptimos en función del número de vehículos que esperan avanzar en cada calle, -

lográndose con ellos el equilibrio entre la oferta de luz verde y la demanda de cruce de los vehículos.

Para concluir, el tipo de semáforo que requiere una intersección está en función de las siguientes variables.

- volumen mínimo de vehículos en las vías convergentes.
- volumen máximo de vehículos
- volumen de peatones
- estadísticas de accidentes.
- fluctuaciones de tránsito

II.2.1.3 ESTACIONAMIENTOS.- Dentro del sistema vial urbano, es de gran importancia la existencia de un número adecuado de estacionamientos que pueda satisfacer la demanda de los vehículos; cuando esta demanda de estacionamientos es mayor que la oferta, los vehículos se estacionan en la vía pública, construyendo uno o más carriles de circulación y por tanto, disminuyendo la capacidad de la calle y la velocidad de operación. Frecuentemente, la demanda supera a la oferta en zonas congestionadas, situación que se origina en la ubicación de centros generadores de tránsito en calles de mínima capacidad y en la gran cantidad de vehículos en circulación; particularizando, los automóviles particulares son los que en mayor grado contribuyen al torrente vehicular y como se ha demostrado ocupan gran parte de las áreas de aparcamiento, ya que solo emplean un tiempo mínimo en circular de un lugar a otro, comparado con el tiempo que están parados.

Para determinar la demanda de estacionamientos se realiza un estudio en cordón en un área que presente problemas por falta de lugares de estacionamiento, se cuenta el número de vehículos que entran la zona estudiada y los que salen, suponiendo que la diferencia se encuentra circulando o se ha detenido, se identifican los vehículos estacionados y se deduce el tiempo que permanecen parados para con esto conocer la demanda. Se compara el número de vehículos estacionados con el número de cajones para estacionamiento -

dispendios y conocer el déficit y así aumentar la oferta para satisfacer la demanda, o prohibir estacionamiento en áreas críticas a determinadas horas del día en caso de que no haya capacidad para aumentar la oferta. Con estas prohibiciones se obliga al usuario a emplear el sistema colectivo para disminuir congestiones, contaminación y darle mayor fluidez al tránsito de paso.

Realizando este experimento a intervalos de una semana se puede definir el índice de crecimiento de la demanda y hacer pronósticos para el futuro y así conocer el número de cajones que deberán proveerse.

DIFERENTES TIPOS DE ESTACIONAMIENTO

1) Por su ubicación.

Pueden ser en la vía pública o en edificios. El primero es libre o controlado, si hay restricciones en tiempo y tipo de vehículo. El segundo es de servicio público o particular; de servicio público son aquellos que cobra o no por el servicio; los particulares son los destinados a ciertas grupos de usuarios.

2) Por su operación.

Se dividen en: de autoservicio, atendidos por choferes acomodadores y electroconducidos. Los estacionamientos de autoservicio son aquellos en los que el usuario se encarga de estacionar y de sacar su auto. En los estacionamientos atendidos por choferes acomodadores, éstos se encargan de estacionar y de sacar el auto del inmueble. En los estacionamientos electroconducidos existen dispositivos que se ocupan de estacionar y entregar el vehículo al chofer.

3) Por la disposición de los cajones de estacionamiento.

Los cajones de estacionamiento pueden estar dispuestos en cordón y en batería. En cordón si los cajones de estacionamiento están en forma paralela a la circulación de los vehículos y en batería si los cajones presentan

un ángulo de inclinación.

4) Por la actividad de los usuarios.

El tipo de actividad que realizan los usuarios determinará algunas características de estacionamiento como por ejemplo, la duración, la demanda y el costo. Entre esas actividades destacan el trabajo, la habitación, los negocios, las compras y las diversiones.

DEMANDA DE ESTACIONAMIENTOS.

La demanda de estacionamientos es el número de cajones para estacionamiento que se requieren en un área determinada y en un intervalo de tiempo especificado. La demanda se puede cuantificar de dos maneras: El número de vehículos estacionados en un momento dado y el número de vehículos estacionados durante un intervalo de tiempo. Los vehículos estacionados incluyen los que están en la calle y los que están en inmuebles.

El uso del suelo influye directamente en la demanda de espacio para estacionarse, por lo que se debe considerar este estudio para pronosticar el número de cajones que se deberán tener en zonas urbanas por desarrollarse o en zonas existentes a las que se realizarán remodelaciones.

La duración es el tiempo que permanece estacionado el vehículo y también varía según el uso del suelo. Se realiza el estudio de duración mediante muestreos periódicos, de generalmente 20 minutos, en los que se anotan las placas de los vehículos estacionados y sirve para limitar el tiempo de estacionamiento, para determinar la posibilidad de colocar parqueadero y para conocer algunas características socioeconómicas de la zona en estudio.

También es importante conocer el índice de rotación de un espacio para estacionamiento, que es el número promedio de veces que se ocupa un cajón para estacionamiento durante el día. Se calcula dividiendo la demanda de estacionamiento expresada por la acumulación de vehículos estacionados en

rente al día, entre la oferta que es el número de sepanios con que cuenta - el área en estudio.

III.2.1.4 SEÑALIZACIÓN. - Se define a la señalización como el conjunto de indicaciones, para orientar al conductor acerca de las restricciones, informaciones y prevenciones que hay para el tránsito. Tienen gran importancia en la prevención de accidentes.

Los manuales de señalización establecen tres tipos de señales de acuerdo a la función que desempeñen: Preventivas, restrictivas e informativas.

SEÑALES PREVENTIVAS. Son aquellas señales que tienen como función al prevenir e advertir al conductor de un peligro potencial o de condiciones de circulación riesgosas en el camino. Se utilizan tanto en zonas rurales como - en zonas urbanas y previenen al conductor de zonas de derrumbes, zonas de riebla, tramos que sirven de paso para el ganado, intersecciones y pendientes peligrosas, cruces de puentes, proximidad de semáforos, curvas peligrosas, circulación de tractores, etc.

Este tipo de señales se colocan, en zona urbana, a una distancia - de 20 a 100 m. del riesgo que se esté previniendo y en zona rural, de 50 a 100 m. en caminos de baja velocidad, de 100 a 150 en caminos de velocidad - media y de 100 a 200 m. en caminos de alta velocidad.

La forma de este tipo de señales es de un rectángulo con fondo amarillo y con periferia y símbolos o letras en negro. Se ilustra este tipo de señales en un esquema posterior.

SEÑALES RESTRICTIVAS. Las señales restrictivas son las que tienen por objeto prohibir o limitar determinadas acciones y/o movimientos tanto a conductores como a peatones para que el sistema de transporte trabaje con mayor -

eficiencia. Las prohibiciones más frecuentes son las de vueltas izquierdas, de estacionamiento y de circulación de vehículos lentos en vías rápidas. Las limitaciones más conocidas son de la velocidad, de la altura libre y de circulación en un solo sentido. Se incluyen en este tipo de señales las de "ALTO" y "CEDA EL PASO" que restringen la circulación y que se distinguen - por tener una forma diferente a la de las demás restricciones, la primera - tiene forma octagonal y la segunda de un triángulo equilátero con base en - un vértice. El resto de las señales restrictivas es de forma circular o de forma rectangular con base en un lado corto.

Las señales rectangulares tienen un margen perimetral negro; la prohibición o restricción, así como algún letrero explicativo también son - negros; el círculo que indica prohibición tienen color rojo. La señal de "ALTO" tiene forma octagonal con fondo rojo, letras blancas y ribete negro. La señal de "CEDA EL PASO" es triangular de lados iguales con apoyo en un - vértice, el margen perimetral es rojo, el fondo es blanco y las letras son negras.

Para mejor comprensión se anexa un esquema con diversas señales - restrictivas.

SEÑALES INFORMATIVAS. Las señales informativas indican una serie de datos informativos que tienen por objeto orientar a los usuarios del sistema de - transporte. Según el tipo de información que proporcionan, en la República Mexicana, las señales informativas se dividen de acuerdo con el manual de - señalamiento en los siguientes:

- a) De información general: Nombres de calles, sentidos de circulación, paradas de autobuses, trabajos en la vía pública, etc.
- b) De servicios: Índices estacionamientos, gasolineras, teléfonos, centros - hospitalarios, etc.
- c) De identificación: Indican el número de carreteras interurbanas, tienen

formas de escudo con fondo blanco y sergan y números negros. En ocasiones se acompañan estas señales con una flecha que señala la dirección de la carretera.

- d) De destino: Señalan el nombre de las poblaciones sobre la ruta, el número de ésta y la dirección que se debe seguir.

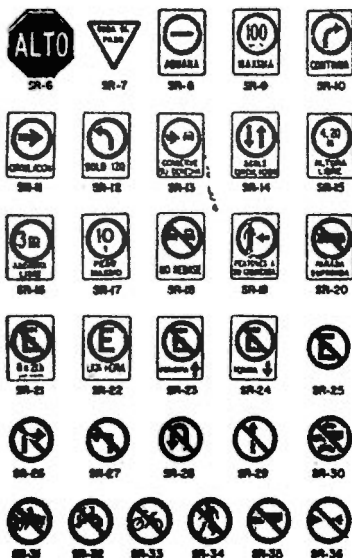
A excepción de los escudos, las señales informativas se colocan en placas rectangulares: Las señales de servicios y los avisos de kilometraje tendrán como base la dimensión menor y el resto de las señales tendrán como base el lado mayor.

SEÑALES

PREVENTIVAS



SEÑALES RESTRICTIVAS



III.2.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

III.2.2.1 GENERALIDADES. Se refiere a los medios de transporte que utilizan las arterias viales y que dan servicio a la población y a las empresas que requieren de movilización rápida, segura, obedece y económica. El transporte puede ser público o privado: El primero, proporciona servicios a la población que lo requiere a cambio de un pago en dinero y el segundo sirve exclusivamente para los fines del propietario del vehículo; de esto se infiere la gran diferencia en cuanto a capacidad de transportación que existe entre ambos modos de otorgamiento del servicio. El índice de crecimiento demográfico que prevalece en la mayoría de las concentraciones urbanas incidirá necesariamente en una demanda de transporte público en constante aumento y en un incremento en el número de vehículos particulares, situación que tendrá como límite la saturación de la infraestructura urbana, es decir, de las calles y avenidas.

Haciendo una comparación entre el transporte público y privado, - investigaciones recientes indican que la persona promedio que viaja en auto civil ocupa 45 m^2 del espacio vial, en tanto que esa misma persona ocuparía tan solo 6 m^2 si utilizara el transporte público; dicho de otro modo, un carril con cruces a nivel por el que solo circularan automóviles en forma continua, serviría a un total de 1575 pasajeros por hora como máximo, mientras que ese mismo carril serviría a 9000 pasajeros por hora si circularan por el autobuses solamente, y finalmente, un carril de tranvías serviría a 13 500 personas por hora. El mismo estudio comparativo, para finalizar con este preláudio, enseña que la contaminación relativa causada por una persona que viaja en vehículo particular es mucho mayor que la provocada por esa misma persona que se desplaza en el transporte público; esto significa que una persona en automóvil descarga en la atmósfera determinado número de partículas contaminantes para ir de un punto a otro de la ciudad, mientras que el vehículo público arroja otro número mayor de contaminantes, pero transporta a un número mucho mayor de personas por lo que se obtiene una relación de $1/3$

hombres transportados sobre partículas contaminantes expulsadas menor que en el primer caso. A pesar de todos estos datos y del costo de operación - más elevado del vehículo privado, cada vez crece la demanda de adquisición de este tipo de transporte; probablemente dos causas fundamentales de esta contracción son la comodidad de tener un vehículo disponible, lo cual significa facilidad para el transporte individual y la exhibición de la situación económica personal, problema de índole sociológico.

III.2.2.2 MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO. Los medios de transporte urbano son todos aquellos vehículos que hacen uso de la infraestructura vial. Según el servicio que prestan se dividen en privados y públicos: Los vehículos privados son aquellos que proporcionan servicio de movilización a su propietario; los vehículos públicos proporcionan transportación en forma colectiva desde unos cuantos pasajeros como en los taxis hasta varios cientos como ocurre en el ferrocarril metropolitano, cobrando dinero en todos los casos por el servicio prestado. Dependiendo del tipo de motor a usar, los vehículos se dividen en eléctricos, de gasolina y de diesel. Cada uno de los medios de transporte tiene ventajas y desventajas con respecto a los demás, pero atendiendo al criterio de proporcionar un servicio eficiente a la comunidad, se presume que el transporte colectivo masivo es el más apropiado para servir a los grandes conglomerados urbanos. Los principales medios de transporte urbano son los siguientes:

- 1) **Autobuses urbanos.** Es el vehículo que transporta al mayor porcentaje de la población en la ciudad de México según consta en el cuadro III.1. Su capacidad y su número lo hacen el vehículo más solicitado, además de que por su versatilidad y su independencia de estructuras especiales para la circulación es la considera como el más flexible de los medios de transporte. Los inconvenientes que presentan se evidencian en las condiciones de saturación que provocan al existir superposición de rutas, hecho que se agudiza en zonas céntricas y que agudiza la degradación del medio ambiente. Otros inconvenientes son las frecuentes descomposturas y los largos tiempos de espera que los usuarios deben hacer para abordar un vj

nículo.

Un contribuyente importante al heterogéneo grupo de los medios de transporte lo constituyen los autobuses foráneos. Este tipo de autobuses - con de dimensiones similares o un poco mayores que los urbanos y su objetivo principal es el de dar servicio de una ciudad a otra. Su paso por las ciudades es muy lento debido principalmente a los semáforos y a las numerosas maniobras de descenso de pasajeros, según se concluye de un estudio de tiempos de recorrido efectuado recientemente en la ruta México-Toluca. Asimismo, la presencia de estaciones terminales de estos autobuses en zonas céntricas - obliga a realizar maniobras de descenso de pasaje en carriles de circulación lo que significa retrasos en los tiempos de recorrido de los demás vehículos que utilizan el mismo espacio vial.

2) Trenes: Son vehículos que funcionan con motor eléctrico siendo sus - principales desventajas el requerir de instalaciones especiales como cables aéreos y rieles en detrimento de la estética urbana y el depender - del suministro de energía eléctrica, además de que no puede cambiar de - dirección con facilidad y rapidez, por lo cual tiene que ocupar un solo carril y dar las vueltas con gran lentitud; ésta es a lo que se llama carencia de autonomía y flexibilidad. Las ventajas que tiene sobre otros medios de transporte son: Sobre todo la nula contaminación atmosférica, la despreciable contribución al ruido ciudadano, el bajo costo de su servicio y la gran capacidad de transporte. Sin embargo, se le ha considerado como uno de los más importantes contribuyentes de los congestiones en las zonas comerciales donde paulatinamente se le ha ido suprimiendo, dejándole dar servicio únicamente en áreas de la periferia donde tiene un excelente funcionamiento según se ha demostrado.

3) Trolleés: Es una variante mejorada del tranvía, carece de rieles de colección aunque conserva el motor eléctrico y los cables aéreos. Puede efectuar cambio de carril aunque sigue siendo lento, en las curvas, no es contaminante y tiene gran capacidad de transportación de pasajeros. Su -

estiere autónoma, flexibilidad y nula contribución de gases contaminantes lo colocan como el medio de transporte más adecuado, si se encuentra un modo de corregir las fallas eléctricas.

- 4) **Automóviles de alquiler sin ruta fija, (taxi).** Son automóviles que mediante una tarifa por distancia o tiempo proporcionen servicio exclusivo a los usuarios que los requieran. Trabajan con altos costos de operación y por lo tanto es elevado el precio del transporte; su capacidad de transportación es muy baja, lo cual significa que para satisfacer una demanda cualquiera, necesitarán mucho más espacio de circulación que los medios de transporte antes mencionados. Las ventajas que tienen los taxis radican en mayores velocidades de operación y menores tiempos de recorrido, - en la comodidad que ofrece y en la flexibilidad que posee. Como emplean motores de combustión interna, aportarán a la atmósfera partículas contaminantes que dependerán del número de vehículos que circulen y del estado de los motores.
- 5) **Automóviles de alquiler con ruta fija (taxis colectivos).** Son automóviles que siguen un itinerario fijo y pueden transportar pasajeros que tengan diferentes destinos pero correspondientes a dicha ruta fija. Por este motivo tienen una capacidad mayor que la de los taxis que dan servicio particular o exclusivo, aunque no deja de ser pequeña. Ocupan gran parte de las arterias que forman parte de su ruta, hecho que adquiere consecuencias graves en los momentos de gran demanda, por lo que es conveniente - dar mayor prioridad a los vehículos con gran capacidad de transportación limitando al número de autos colectivos porque, como en el caso anterior, para el mismo espacio, el transporte masivo sirve a un mayor número de personas. La contribución a la contaminación es considerable dado el gran número de unidades que circulan y depende también del estado mecánico de los motores.
- 6) **Automóviles particulares.** Son los que ocupan el mayor porcentaje del tráfico vehicular, los que tienen los costos de operación más elevados, su

capacidad de transporte es la más baja de todos los vehículos, son los mayores productores de partículas contaminantes por pasajero transportado, su velocidad en zonas congestionadas es similar a la del resto de los medios de transporte que circulan por calles y avenidas, el consumo de energía es muy grande y las facilidades de estacionamiento son casi nulas. Sin embargo, es el vehículo que tiene mayor demanda. Las razones aparentes de esta paradójica situación son las evidentes comodidades que sugiere el tener un vehículo disponible en cualquier momento y al confort con el que se realiza el viaje; también ocurre, si el transporte público es deficiente, los usuarios realizan un esfuerzo económico y se procuran su propio medio de transporte, además de que es innegable que también se adquieren vehículos para proyectar la situación económica de la gente.

7) Sistema de Transporte Colectivo o Ferrocarril Metropolitano, (metro).

El tamaño de las ciudades determinó, a lo largo de su evolución, el modo de los transportes. Desde la autolocomoción humana, el uso de caballos y mulas, de litera de sacos hasta los modernos ferrocarriles urbanos, los transportes han servido para facilitar los desplazamientos urbanos.

Fue en el siglo XVIII cuando el filósofo y estadístico francés Pascal ideó los transportes colectivos, mediante el empleo de una diligencias o carretas que contra el pago de cinco "sueldos" transportaban a los viajeros a lo largo de las avenidas del París de aquellos tiempos, cuya población totalizaba 200 mil habitantes. Nuevos experimentos dieron origen a otros sistemas análogos en las grandes capitales de Europa durante el siglo XVIII y principios del XIX, pero fue este último siglo el que presenció el desarrollo de los medios colectivos de transporte. El tamaño creciente de las ciudades hacía indispensable encontrar soluciones, y éstas se presentaron bajo la forma de los tranvías de tracción, primero con caballos (Nueva York, 1822) y más tarde a vapor o eléctricamente, inicia-

dos en el año 1849 en París.

Londres, la población más grande y activa del mundo dio origen en 1853 - al sistema de transporte subterráneo de pasajeros asegurando la era de los Metros. En poco más de un siglo el número de ferrocarriles es de 40 en todo el mundo, de los cuales el 90 % realizan obras de ampliación, además de que los sistemas en construcción y en proyecto se elevan a más de 50.

El ferrocarril metropolitano se diferencia de los demás modos de transporte en las características siguientes:

- 1) Capacidad: En el metro de la ciudad de México, cada convoy está formado por nueve wagones, cada cual tiene cupo para 770 personas, por lo que la capacidad por convoy es de 6930 personas. En horas de máxima demanda - los trenes pueden circular a intervalos de 1.5 minutos, lo que permite - transportar 61,200 pasajeros por hora en una sola dirección. El crecimiento de la red del metro prevé aumentar su capacidad de transportación según los horizontes siguientes:

Construir a ritmo continuo 12 Km. de líneas y fabricar cuando menos, 15 trenes de 9 carros por año y así lograr que el sistema tenga una participación total de viajes/pasajeros/día del área metropolitana del 15 al 23 al 25 y al 33 % para los años 1980, 1990, 2000 y 2010, respectivamente.

- 2) Continuidad: El metro funciona por medio electromecánicos, lo que hace que no haya contribución al deterioro de la calidad del aire ni al aumento de los ruidos de la ciudad. Este punto es muy importante en el aumento de elegir el tipo de transporte más adecuado.
- 3) Seguridad: Las estadísticas de accidentes anuales indican que el porcentaje imputable al metro es despreciable; debido a que tiene calzadas exclusivas para circular, se eliminan gran parte de las probabilidades de accidentes.

- 4) **Velocidad:** El metro puede desarrollar velocidades máximas del orden de 80 KPH, pero considerando los retrasos por concepto de ascensos y descensos de pasajeros, la velocidad comercial es de 33.3 KPH, lo cual da como resultado un ahorro importante por concepto de reducción en el tiempo de recorrido, comparado con las velocidades de otros medios de transporte colectivos que son del orden de 18 KPH.
- 5) **Confort:** Como el equipo es de rodaje neumático, se eliminan las vibraciones y el ruido que otros medios de transporte producen.
- 6) **Motorización.** Representan el transporte más adecuado para distancias largas. El costo de operación y de refacciones son reducidos, la comodidad es aceptable en condiciones climatológicas adecuadas, la velocidad es comparable a la de los automóviles, aunque hay ciertas probabilidades de sufrir embestidas por vehículos mayores.
- 7) **Bicicletas.** Constituyen un medio de transporte adecuado pues los costos de operación son muy bajos además de que no tienen necesidad de grandes espacios para estacionamiento. No produce contaminación y su longitud de operación es aceptable para los viajes urbanos. Los inconvenientes de este tipo de medio radican en los riesgos de accidentes y en que solamente pueden ser utilizados por personas que tengan edad apropiada o estado físico adecuado para realizar el ejercicio que implica el autotransporte.
- 8) **Transporte peatonal.** Este tipo de transporte consiste en caminar por las aceras, las cuales tienen una capacidad en pasajeros por kilómetro recorrido en una hora por unidad de anchura tal, que sólo se supera por el transporte masivo. Al igual que en las bicicletas, no hay producción de contaminantes, aunque tienen las desventajas de una velocidad muy limitada, de incomodidad en condiciones climatológicas desfavorables y en sitios de gran concurrencia, y por último en que sólo se pueden re-

correr pequeñas distancias desde las limitaciones por carencia. Este tipo de transporte solo puede ser realizado por personas aptas físicamente.

- 11) Otros.- Están constituidos por los vehículos que reparten mercancías y personal para dar servicios profesionales. Se incluyen los grandes camiones de carga, camiones repartidores de leche, camionetas de reparación de aparatos eléctricos, etc.

MODOS DE TRANSPORTE	% de viajes- persona-día anual
Autobuses urbanos	44.0
Autos particulares	20.0
Metro	10.0
Taxis libres	9.7
Autobuses suburbanos	3.3
Trolbuses y tranvías	4.8
Taxis colectivos	3.6
Autobuses federales	1.6
Otros modos	3.0
	100.0

CUADRO XIV.1 Uso de los modos de transporte en la Ciudad de México.

Para proyectar correctamente las características geométricas de las calles, es necesario conocer las características dimensionales y operacionales de los vehículos. Estas características son: dimensiones, radio de giro y trayectoria de las ruedas, relación potencia y aceleración y desaceleración.

ción, que se pueden consultar en la referencia No. 1.

Una de las características para conocer el grado de eficiencia de los medios de transporte es la llamada "potencia" del transporte que no es más que una ponderación de la velocidad y la capacidad. La velocidad que se considere es la comercial y la capacidad está calculada para una fila de 3.000 m. de ancho en viajeros por segundo. La potencia está definida por la ecuación siguiente:

$$P = \frac{NU}{E} V^2$$

donde:

P = Potencia de transporte

N = Número de vehículos

U = Número de pasajeros promedio por vehículo

E = Intervalo mínimo, teniendo en cuenta la velocidad comercial

V = Velocidad Comercial en m/seg.

De acuerdo con esta definición se obtiene la tabla de la página siguiente.

MEDIOS DE TRANSPORTE	VELOCIDAD COMERCIAL En m/seg.	POTENCIA DE TRANSPORTE.
Autobuses urbanos	11.0	4.1
Tranvías	11.0	4.1
Trolebuses	11.0	4.1
Autobuses	11.0	1.9
Ferrocarril Metropolitano	25.0 a 27.5	43.0 a 77.0
Motocicletas	3.2	3.0
Bicicletas	2.8	4.7
Peatonal	1.2	3.6

CUADRO III.2. Velocidad y Potencia de Transporte de los Medios de Transporte.

III.2.3. SUPERESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

III.2.3.1. GENERALIDADES. El tercer elemento del sistema de transporte urbano es el usuario, sea conductor o peatón. Los problemas del tránsito le afectan directamente, aunque esos problemas son originados en parte por el mismo usuario. En este capítulo se le trata como componente del sistema, - susceptible de modificaciones, no como víctima de la problemática del transporte.

El comportamiento del usuario, si es peatón, determinará sobre todo un gran número de atropellos; la falta de educación vial se observa en las acciones imprudentes de los peatones como cruzar las calles fuera de las zonas de seguridad, caminar sin precaución alguna sobre la superficie de circulación

vehicular, tratar de ganar al vehículo el atrevesar las arterias, etc. que generalmente tienen consecuencias lamentables.

El comportamiento del usuario, si es conductor, está determinado por dos características, unas externas debidas al medio físico y otras internas que se refieren al organismo de cada conductor:

- a) Características externas: Son aquellas características totalmente ajenas al conductor como por ejemplo, el estado del tiempo, el grado de visibilidad, el uso del suelo, las condiciones físicas de las vías, las características de la corriente de tránsito, las descomposturas imprevistas del vehículo, etc.
- b) Características Internas: Son aquellas que influyen en el comportamiento del usuario afectando sus condiciones físicas y emocionales; entre estas se encuentran las deficiencias físicas como la visión y oído defectuosos, la fatiga, las drogas, el alcohol, el estado de ánimo, el carácter y los problemas psicológicos.

Ambos factores modifican los reflejos y en consecuencia los tiempos de reacción de cada conductor; estos tiempos de reacción tienen gran importancia en la correcta ubicación de dispositivos de control, de tableros de señalización, en el tipo de iluminación y en las adecuadas dimensiones geométricas de las calles. Esta importancia radica en que se puede reducir el número de accidentes con sus inherentes pérdidas económicas y de vidas humanas.

Factor determinante para establecer los tiempos de reacción, la señalización e iluminación adecuadas, es la visión del conductor. Este se divide de cada persona que maneja; las características que determinan la variación en la visión son: Gradación del objeto enfocado o agudeza visual que se define por la distancia a la que se encuentra el objeto y por el ángulo horizontal de visión; adaptabilidad a los diferentes niveles de iluminación, cuyo límite es por lo general de 3.0 seg. y ocurre al pasar de

un medio oscuro a uno de luz solar; la visión periférica, que puede ser hasta de 180° , aunque por lo general es de 130 a 160° ; por último, la percepción del espacio, aunque la velocidad esté en proporción indirecta con la agudeza visual, la visión periférica y la percepción del espacio. Los componentes del ojo como la retina, la pupila, los músculos ciliares, el iris, el cristalino y la córnea serán diferentes en cada individuo y determinarán las características mencionadas.

Los tiempos de reacción a su vez tienen influencia en la determinación de las distancias y dimensiones de las señales, en la programación de los semáforos y en el cálculo de las distancias de frenaje. El tiempo de reacción es el tiempo que tarda cada individuo en efectuar un proceso intelectual y tomar una decisión; este proceso consta de la percepción del estímulo externo, el cual se envía al cerebro donde se analiza y evalúa para tomar alguna decisión que se conoce como reacción. De acuerdo con la AASHO, por lo general, el individuo reacciona más rápidamente a estímulos sonoros y táctiles que a estímulos visuales, como lo muestra la tabla siguiente.

ESTIMULO	TIEMPO DE REACCION EN SEGUNDOS
Luz	0.16
Sonido	0.14
Tacto	0.14

CUADRO III.3. Tiempo de reacción a diversos estímulos.

Considerando las características normales del individuo, del pavimento y del vehículo, se ha obtenido una distancia de frenaje en función de la velocidad y del coeficiente de fricción de la superficie vial. La deducción de la fórmula de la distancia de frenaje es la siguiente:

$$\text{DISTANCIA DE PARADA} = \text{DISTANCIA DE PERCEPCIÓN} + \text{DISTANCIA DE REACCIÓN} \\ + \text{DISTANCIA DE FRENO}$$

- Despreciando la distancia de percepción por su insignificancia y por su dificultad para evaluarla, se calculará la distancia de parada considerando que el tiempo de reacción es de 1.0 seg.

- Ecuación del movimiento uniformemente acelerado:

$$0 = Vt - \frac{at^2}{2}$$

- Fuerza con la que circula el vehículo:

$$F = ma = \text{masa} \times \text{aceleración}$$

- Fuerza que lo hace detener:

$$F_f = f P$$

donde f = coeficiente de fricción entre el suelo y las llantas

P = Peso propio

- Condición para que el vehículo se detenga:

$$F = F_f$$

$$ma = f P$$

$$\frac{E}{g} a = f P$$

$$a = f g$$

pero $V = at$

$$t = \frac{V}{a}$$

Sustituyendo en la ecuación original:

$$D = v \frac{v}{r_g} - \frac{1}{2} (r_g) \left(\frac{v}{r_g} \right)^2$$

$$D = \frac{v^2}{2r_g} - \frac{v^2 \times 1000^2}{19.62 \times 3600^2}$$

$$D = \frac{v^2}{2282}$$

$$D = 0.00044 \frac{v^2}{r}$$

D en metros

v en Km/hr.

Se han obtenido diferentes distancias de frenaje variando la distancia de reacción, como se muestra en tabla de la hoja siguiente.

VELOCIDAD DEL VEHICULO EN K.P.H.	DISTANCIA DE REACCION m	DISTANCIA PARA FRENAR EN PAVIMENTO (m)		DISTANCIA TOTAL EN PAVIMENTO (m)	
		SECO	HEMEDO	SECO	HEMEDO
30	7	8	8	12	15
40	10	13	20	23	30
60	13	25	38	38	51
80	17	40	60	57	77
100	20	59	90	79	110
110	23	81	123	104	146
130	26	108	161	132	187

GRUPO III.4. Distancia de frenaje para diversas velocidades.

III.2.3.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA CONTAMINACION. Conviene hacer notar - que el sistema que se implementa valora adecuadamente los efectos que la - contaminación provoca en el medio ambiente urbano, y sobre todo, en el - organismo de los habitantes de la ciudad. Estudios realizados por investigadores han dado como resultado las observaciones siguientes:

- La contaminación urbana provoca cambios en el ecosistema, lo cual repercute en suspensión a enfermedades de diversos tipos en la sociedad metropolitana. Estos hechos patológicos están definidos por la contaminación ambiental, los congestionamientos y los accidentes.
- La contaminación ambiental reduce las actividades, según donde sea su efecto: del sonido y del aire.

La contaminación sonora consiste en la emisión de ruidos en cantidad e intensidad tal, que contribuye al desequilibrio nervioso del organismo humano. El tránsito de los vehículos automotores tiene una gran participación

en este tipo de contaminación, lo cual se observa comparando el ruido que se percibe en un día laborable en horas de tránsito con el ruido a la misma hora pero en días de descanso. La emisión máxima permisible que absorbe el organismo humano es de 65 decibales si la fuente de emisión es fija y si es móvil, como en el caso de los vehículos, se establece el nivel máximo de 92 decibales. En determinadas áreas de la ciudad, sobre todo - las que tienen mayor índice de saturación, la circulación de vehículos es ininterrumpida pudiendo llegar a construir fuentes de emisión fija.

La contaminación ambiental consiste en el deterioro de la calidad - del aire por la aparición de partículas tóxicas en suspensión. En condiciones normales, el aire está compuesto por nitrógeno con un 78.08% y por oxígeno con 20.94 %, ocupando el resto gases menores como neón, helio, - kriptón, osone, hidrocarburos, plomo, cromo, cobre, níquel, magnesio, bióxido y óxido de nitrógeno, etc.

Se ha demostrado la relación tan estrecha que existe entre la degradación de la calidad del aire y el tránsito de vehículos y, siendo tan - grande el total de vehículos que circulan es indiscutible que constituyen la principal fuente de contaminación. En el proceso de la combustión interna se produce una gran cantidad de hidrocarburos, de entre los que destacan el estano en un porcentaje mayor del 90 %, el cual es proporcional a la afluencia de vehículos, por lo que al experimentar estos un incremento en las horas punta, se tendrá una mayor cantidad de estano con sus consecuencias patológicas para los habitantes de la ciudad.

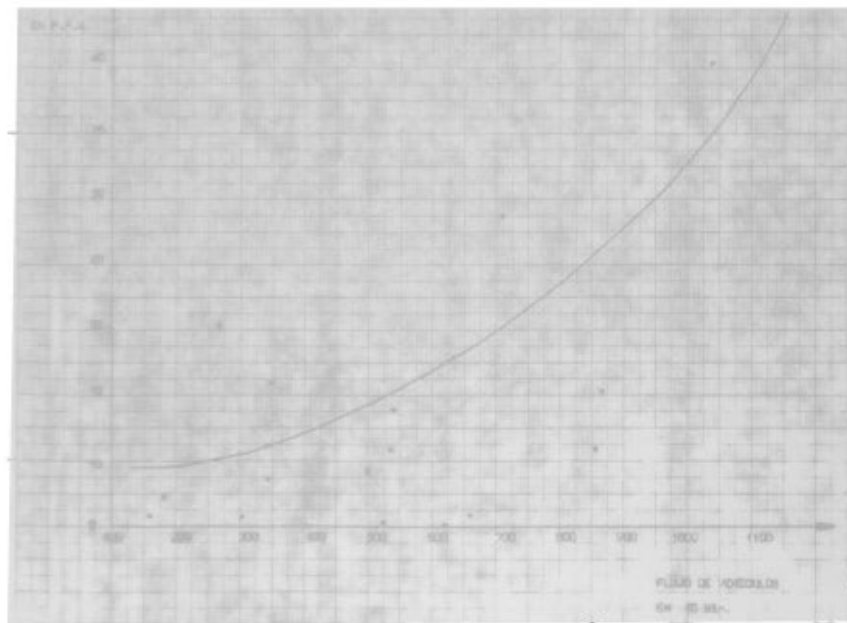
Otros contaminantes que expulsan los tubos de escape de los vehículos son el monóxido de carbono y el plomo, los cuales penetran fácilmente en la sangre la cual degrada al combinarse con la hemoglobina.

La presencia de partículas tóxicas suspendidas en el aire se advierte por la disminución de la visibilidad que está en relación directa con la - contaminación atmosférica. Para establecer una relación entre las conta-

sinientes y el número de vehículos en circulación es necesario efectuar mediciones de las concentraciones de las partículas contaminantes, del tránsito de vehículos y de condiciones meteorológicas como temperatura, humedad relativa y presión atmosférica. El metano (CH_4) y el monóxido de carbono (CO) son producidos en el proceso de combustión de la gasolina y por supuesto, aumenta su grado de concentración con el número de vehículos en circulación. Se muestra una gráfica que relaciona el No. de vehículos con los contaminantes, resultado de una investigación realizada por el Instituto de Ingeniería en la Ciudad de México.

Los efectos que causan las toneladas de contaminantes en el organismo de los habitantes consisten en enfermedades de las vías respiratorias como faringitis, laringitis, bronquitis y deficiencias de los órganos visuales como conjuntivitis crónicas.

- Los congestivamientos del tránsito provocan otro tipo de daño al organismo humano, el llamado "stress" que se forma por angustia y ansiedad, las cuales producen una hiperactividad del sistema nervioso vegetativo. Algunas otras alteraciones fisiológicas consisten en cambios en la presión sanguínea arterial, en la actividad secretora del estómago y en la actividad motora intestinal que a largo plazo pueden producir úlceras gastroduodenales y colitis nerviosas. También es importante la relación que existe entre la angina de pecho y el infarto al miocardio con las condiciones de vialidad existentes.
- Los efectos de los accidentes se traducen en pérdidas de vidas humanas, secuelas o invalideces que desestabilizan la economía del país. Por consiguiente, personas que han sufrido accidentes quedan con limitaciones físicas, intelectuales o emocionales y son motivo de marginación y desempleo.



CAPITULO XII.

PROYECTO

BIBLIOGRAFIA:

1. Secretaría de Obras Públicas. "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras" México, 1976.
2. Seminario de Ingeniería de Tránsito, Guadalajara, Jal., Septiembre, 1978.
3. Pérez Méndez, Juan Manuel. "Elementos Básicos para la Ingeniería de Tránsito", México, 1977.
4. Banco Mundial. Transportes. Documento Sectorial. 1976.
5. Instituto de Ingeniería, UNAM. Informe No. 227. "Relación entre la Contaminación Atmosférica y el Número de Vehículos en Circulación". México, D. F. 1971.
6. Instituto de Estudios Políticos Económicos y Sociales (IEPES). Reunión Nacional Sobre Vialidad Urbana, Naucalpan, Méx., 1976.
7. Cal y Mayor, S/eval. "Ingeniería de Tránsito". Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., México, 1974.
8. Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM). "La Planeación del Metro - en la Ciudad de México", Seminario sobre Transportación Urbana, Octubre, - 1978.
9. Estudio de Transportación Pública en la Carretera México-Toluca. Documento Académico de la Asignatura Sistemas de Transporte, Facultad de Ingeniería, - UNAM, México, D. F., 1978.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

La densidad de la población / el grado de motorización son factores fundamentales que determinan una demanda creciente de capacidad vial / en consecuencia la realización de grandes inversiones en infraestructura urbana. Estas inversiones podrían ampliarse o reducirse si se atienden las causas de la necesidad de mayor capacidad: Las ciudades muy compactas con un eficiente transporte público no solo exigirán viajes de vehículos motorizados, sino que también tenderá a no fomentar una motorización rápida. En cambio, si se permite que la ciudad crezca y la motorización aumente sin restricciones, es probable que la carga que representa el transporte para sus habitantes se haga prohibitivamente excesiva con la consiguiente congestión y estrangulación.

Generalmente en las ciudades que presentan un sistema de transporte deficiente, el porcentaje de usuarios que emplean vehículos de uso público es semejante al que utilizan sus propios vehículos, como es el caso del Distrito Federal, en donde el 60 % de la población se moviliza en transportes colectivos y el 40 % en vehículos privados lo cual conduce a inferir que el automóvil de uso privado no solo no satisface las necesidades diarias de movilización de la población sino que contribuye en gran escala a que existan los problemas inherentes a los congestionamientos.

Este uso excesivo del transporte particular con la consecuente saturación del espacio vial representa en cierto modo una injusticia social, ya que las otras viales se hacen con la aportación de la mayor parte de la población y son utilizados en gran escala por la minoría que utiliza el transporte privado, esto significa que el automóvil particular emplea mucho más espacio vial por persona transportado que cualquier otro medio de transporte a cuyos usuarios --

largos grandes puntos.

La evidente escasez de recursos en la causa principal del mal funcionamiento del transporte público, hecho que se manifiesta en el uso de vehículos anticuados, en la gran frecuencia de averías, en reparaciones de emergencia en lugar de mantenimiento rutinario y en vehículos parados por falta de refacciones. Igualmente las fallas de coordinación entre los transportistas se manifiesta en superposición de rutas y en escasez del servicio en puntos donde son más necesarios.

El casco urbano ya construido se ha modificado atendiendo a las características del automóvil, estimulando su aumento en lugar de alentar el transporte masivo. Relacionado con esto se encuentra la heterogénea distribución de centros gubernamentales, comerciales, escolares, etc., los cuales generan un intenso tráfico en las horas punta.

En términos generales, el sistema de transporte urbano no funciona eficientemente porque no se le ha dado la importancia que tiene dentro del contexto económico de la ciudad. Ha sido necesaria la aparición de los grandes embotellamientos, de los desesperantes tiempos de recorrido y de los alarmantes índices de contaminación para que se comience a pensar en como solucionar el problema que mientras tanto continúa creciendo. La ausencia de la planeación es evidente la cual queda de manifiesto, entre otras muchas deficiencias, en los bajos niveles de servicio de transporte, hecho que pudiera ser normal en países con grandes porcentajes de personas con vehículos privados, pero que ocurre en un país como México, en el que esos porcentajes aún son bajos y en constante crecimiento permite inferir que la situación será aún más crítica.

A continuación, se mencionan una serie de actividades que pueden contribuir a lograr una mejoría en la situación que prevalece en los centros urbanos.

Recomendaciones

Después de evaluar las condiciones en que opera el sistema de transportes en la actualidad y considerando los efectos negativos que ejerce sobre los habitantes de la comunidad se menciona una serie de medidas tendientes a mejorar la situación. Se debe hacer notar que, dada la naturaleza del sistema vial, el problema continuamente experimentará incrementos, los cuales serán mucho más rápidos que las medidas que se tomen para mejorar el servicio, por lo cual no es posible pensar en una solución total, sino que se pretende estancar las dificultades que se le presentan al usuario para satisfacer sus propias necesidades de civilización en la ciudad.

Ante todo se debe crear un organismo compuesto por ingenieros de tránsito, economistas, urbanistas, sociólogos e ingenieros que estudien la problemática vial y proponga medidas para proporcionar un buen servicio, es decir, se encargue de organizar, regular, dirigir y coordinar el sistema de transportes.

Tomando en cuenta el estado de ejecución de las medidas que se van a proponer, se pueden clasificar en administrativas, constructivas e impositivas. Las primeras utilizan instrumentos legales que crean conciencia, las segundas se refieren a la construcción de estructuras viales o ampliación de las ya construidas y las impositivas emplean el uso de restricciones obligatorias.

Las medidas administrativas son las siguientes:

- 1) Establecimiento de horarios escalonados de trabajo: Se pretende con esta medida disminuir considerablemente la demanda en las horas críticas; el lo conveniente que presenta es que prolonga el período de máxima demanda aunque ésta sea de menor intensidad que en caso de haber un horario único.
- 2) Mejoramiento de las condiciones operacionales de las vías de comunicación: Se trata de reducir los congestiones que se producen mutuamente las

- 10) Sugerir que los ruidosos hábitos se ubiquen cerca de los lugares de -
trabajo para que no haya necesidad de atravesar la ciudad con todas las
consecuencias que este hecho implica, considerando que este es el caso -
de miles de personas que contribuyen a la saturación de la capacidad -
vial.
- 11) Implantar el uso de carriles exclusivos con paredes exclusivas para el
transporte masivo.

Las medidas constructivas tratan de habilitar una estructura física
de la ciudad que proporcione mejores condiciones de circulación y disminu-
ción en los gastos de transportación. La continua expansión de la zona
urbana implica variaciones en el uso de la tierra por lo cual se puede modi-
ficar la estructura física estableciendo una estrecha relación entre la im-
plentación de los servicios de transporte y los usos de la tierra que se de-
saran. Con respecto a la configuración actual de la urbe, las actividades -
que se pueden realizar para mejorar la situación de la vialidad son las si-
guientes:

- 1) Eliminación de glorietas por ser retardadoras y conflictivas.
- 2) Creación de un programa de construcción de autopistas urbanas.
- 3) Rectas de camellones, supresión de carriles de vueltas izquierdas, can-
chales de canalizaciones con leletas por semáforos de funcionamiento eléc-
trónico.
- 4) Conversión de avenidas a autopistas urbanas de acceso controlado con cru-
ces a desnivel.
- 5) Introducción de elementos electrónicos en los semáforos que permita que
la programación de estos dispositivos varíe de acuerdo con los cambios -
de los volúmenes vehiculares.
- 6) En intersecciones y arterias más conflictivas se pueden realizar puentes,
desnivelados, modificación de semáforos y cierres de acceso a vías rápidas.

Por último, se comentarán las medidas impositivas que consisten - en prohibiciones e impuestos de diversos tipos que desalientan el uso del - automóvil particular en zonas congestionadas; con las siguientes:

- 1) Prohibición de estacionamientos: Su objetivo será el de aumentar la capacidad de circulación, "al no permitir que los vehículos estacionados bloquen uno o dos carriles," O "al evitar el estacionarse en los carriles".
- 2) Cobro de cuotas por estacionamiento: Sirven para hacer pagar por el uso de zonas congestionadas y proporcionan ingresos además de que se evita subsidiar a los automovilistas en el uso del espacio vial.
- 3) Impuestos sobre el vehículo: Restringen la posesión de los automóviles por medio de cobros sobre las ventas, la tenencia y las placas de los vehículos y las licencias de conducción de los usuarios; con esto se desalienta a posibles compradores de autos.
- 4) Cargos por congestión: De acuerdo con investigaciones hechas por el Banco Mundial, cuando el volumen de tráfico en relación con la capacidad es tal que cada vehículo interfiere significativamente en el funcionamiento de otros, se logrará eficiencia económica haciendo que cada unidad que esté en circulación soporte los costos que su entrada en la vía impone a los demás. De este modo se eliminarían todos los viajes cuyo valor para las personas que lo realizan sea menor que el valor de los retrasos y otros gastos de explotación impuestos a terceros. Habría que incluir un cargo adicional por el daño causado en forma de contaminación y deterioro del ambiente a quienes no usan las vías. Existen dos métodos para establecer cargos por congestión: El peaje diario y la medición directa.
- Peajes diarios: Según este procedimiento, los vehículos que entren en una zona central congestionada o circulan por ella tienen que pagar un peaje al cual se puede adquirir uno por cada día que entre el vehículo en zona gravada. Se podría implementar el sistema de peaje, según las

tilidades que diera el trazo de la ciudad para instalar casetas de cobro, aunque esto disminuiría la velocidad del tráfico, motivo por el cual se pensaría en instalar los sistemas de medición automática, los cuales se exponen a continuación.

- Medidores para cobrar por el uso de la vía: Los vehículos que pasan por un punto de control son identificados mediante un dispositivo detector. Una computadora central cuenta los impulsos eléctricos originados por el peso de vehículos sobre unos cables de baja tensión y prepara los correspondientes boletos de cobro para los automovilistas, aunque convendría pagar cuotas de peaje anualesmente y evitar retrasos del tráfico para pagar.

Se presume que los cargos por congestión deben tener prioridad entre las medidas mencionadas, pero también se debe tomar en cuenta que no se pueden establecer cargos en un plazo muy corto, sin imponer pesadas cargas económicas a quienes han adaptado su vida a las condiciones existentes, por lo que en compensación, se mejorarán los transportes públicos a fin de hacerlos atractivos.

- 5) Formación de un marco protector de la ciudad: Tiene como finalidad frenar la expansión de la mancha urbana y asegurar el equilibrio ecológico dentro de la misma y consiste en el establecimiento de zonas de veda para la construcción, además de la protección de las áreas verdes.