

2ej 160

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



INGENIERIA DE TRANSITO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:

GERARDO SIERRA ULLOA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

P

	INTRODUCCION	1
I.	Problema del Tránsito	4
II.	Solución del Problema	7
III.	El Usuario	11
IV.	El Vehículo	21
V.	El Camino	29
VI.	Planificación Vial Urbana	42
VII.	Volumen de Tránsito	48
VIII.	Velocidad	57
IX.	Congestionamiento	67
X.	Capacidad Vial	69
XI.	Accidentes	87
XII.	Orígen y Destino	105
XIII.	Transporte Público	113
XIV.	Estacionamientos	129
XV.	Semáforos	135

INTRODUCCION

La Ingeniería de Tránsito, por definición, es la rama de esta ciencia que estudia el movimiento de personas y vehículos en un camino. Este movimiento constituye lo que se ha denominado tránsito, el cual está formado por tres elementos básicos:

- 1.- El usuario
- 2.- El vehículo
- 3.- El camino

Dichos elementos deben ser analizados detallada e individualmente para conocer sus características y comportamiento dentro de la corriente del tránsito, ya que las interrelaciones que los ligan y la interacción de los mismos han dado origen al problema del tránsito y, por consiguiente, a los estudios de Ingeniería de Tránsito.

Para estudiar los tres elementos del tránsito conviene ubicar su aparición y desarrollo en la Historia.

La existencia del hombre sobre la tierra data cuando menos de unos 100,000 años de acuerdo a estudios antropológicos realizados. Posteriormente, cuando el hombre llega a conocer la agricultura, deja de ser nómada, convirtiéndose en sedentario y estableciéndose así, las primeras civilizaciones. Según estudios arqueológicos, se piensa que esto ocurrió hace unos 6,000 años.

La necesidad socio-económica de comunicación, característica fundamental del hombre como ente social, induce a éste a la creación y desarrollo de medios que facilitaran el traslado de un lugar a otro

siendo lo más importante para este fin la invención de la rueda, probablemente en Mesopotamia, hace unos 5,000 años.

Así, surgieron los primeros caminos y dos grandes pueblos de esa época, el Asirio y el Egipcio, propiciaron su desarrollo.

Sin embargo, el primer sistema de caminos científicamente planeados, proyectados y construídos se dió con el advenimiento del Imperio Romano. La primera vía que se construyó fué la Vía Appia, iniciándose su construcción en el año 312 A.C. por Appius Claudius.

Las culturas antiguas de América también dejaron huellas de una avanzada técnica en la construcción de caminos principalmente los Mayas, los Toltecas, los Aztecas y los Incas.

Por último, el vehículo, que es el otro elemento del tránsito, a pesar de haber existido de diversas formas desde la invención de la rueda, aparece como automóvil con motor de gasolina a fines del siglo XIX.

El primer automóvil de gasolina de cuatro cilindros aparece en Viena en 1875 conducido por Siegfred Marcus. En México, el primer automóvil entra en 1898 adquirido por un millonario llamado Manuel Cuesta.

Como se puede observar, en comparación con la aparición del hombre en la tierra, la invención de la rueda y la construcción de los primeros caminos, el vehículo de motor de gasolina es algo totalmente nuevo. Sin embargo, el vehículo se ha desarrollado de una mane-

ra impresionante y al interrelacionarse con el camino y el usuario, - ha surgido un problema de gran magnitud que es el problema del tránsito.

En el presente trabajo se pretende analizar los tres elementos del tránsito por separado para después pasar a ver la interacción que existe entre ellos dando origen al problema del tránsito. - El análisis de dichos elementos y sus interrelaciones se presentan - en los primeros seis capítulos.

Por otra parte, en los últimos nueve capítulos, se tiene como objetivo la presentación de estudios básicos de Ingeniería de - - Tránsito que se utilizan para dar solución al problema. Estos temas - de estudio de la Ingeniería de Tránsito, fueron elaborados en base a los apuntes de la materia tratando de complementarlos con otras fuentes de información. Se estima que esta rama de la Ingeniería Civil - debe ser estudiada y llevada a la práctica ya que como se podrá ver - a lo largo del trabajo el problema del tránsito es un problema latente en la mayoría de las ciudades por lo que la Ingeniería debe estudiarlo y darle solución.

Nota:

Cuando las citas bibliográficas no aparezcan al pie de página estarán referidas a la Bibliografía que se presenta al final.

I PROBLEMA DEL TRANSITO

El problema del tránsito se puede definir como la superposición de un vehículo moderno y en gran número, sobre una vialidad fuera de época que no tiene el proyecto geométrico ni la capacidad adecuada a la situación actual.

Desde la aparición del vehículo de motor a la fecha, ha sufrido cambios extraordinarios principalmente en su potencia, velocidad y capacidad.

En la tabla 1 se presenta como ha sido el crecimiento del número de vehículos a través de los años.

TABLA 1

AUMENTO DE VEHICULOS INCLUYENDO SOLO AUTOMOVILES, AUTOBUSES Y CAMIONES			
AÑO	MEXICO	ESTADOS UNIDOS	TOTAL EN EL MUNDO
1895	-	4	
1896	-	16	
1897	-	90	
1898	1	800	
1899	-	3,200	
1900	-	8,000	
1910	-	468,500	
1920	-	9'239,161	
1924	42,858	17'612,940	
1930	87,665	26'531,999	
1940	145,708	32'453,233	45'422,411
1950	302,798	49'161,691	63'200,500
1960	802,630	73'901,500	121'541,265
1970	1'773,868	105'096,603	226'167,572
1975	3'586,123	133,727,000	320,841,457

Los factores que intervienen en el problema, y que debenser considerados para darle solución al mismo, son los siguientes:

1.- Diferentes tipos de vehículos en el mismo camino.

Se puede ver circulando sobre un mismo camino vehículos con diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración, como puede ser, desde camiones pesados con remolque hasta bicicletas.

2.- Superposición de tránsito motorizado en caminos inadecuados.

El tránsito motorizado ha evolucionado notablemente mientras que los caminos continúan siendo los mismos de hace años.

3.- Falta de planificación en el tránsito.

El tránsito ha crecido desmesuradamente sin que desde un principio se planificara su crecimiento para detener el problema.

4.- El automóvil no considerado como necesidad pública.

En un principio el automóvil era visto como un artículo de lujo, pero ahora todo medio de transporte se ha convertido en una necesidad pública.

5.- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.

Tanto el gobierno como los usuarios no han asimilado lo que significa el problema del tránsito en cualquier ciudad del mundo.

Estos factores que intervienen en el problema tienen como

efectos principales accidentes y congestionamientos que son estudiados en capítulos posteriores.

II SOLUCION DEL PROBLEMA

Hay tres tipos de solución para hacerle frente al problema de tránsito.

- a.- Solución de tipo integral.
- b.- Solución parcial de alto costo.
- c.- Solución parcial de bajo costo.

Una solución de tipo integral equivaldría a crear nuevos caminos con características acordes a la era motorizada que se está viviendo. Este tipo de solución es muy difícil de aplicar en las ciudades actuales porque equivaldría a reconstruirlas casi totalmente.

Las soluciones parciales de alto costo se aplican principalmente en las vías primarias y consisten en hacer cambios necesarios sacando el mejor provecho a las condiciones existentes. Generalmente este tipo de solución requiere inversiones fuertes y algunas medidas que se pueden tomar son: ensanchamiento de calles; modificaciones a las intersecciones rotatorias (glorietas); construcción de pasos a desnivel, instalación de semáforos con control automático; construcción de estacionamientos, etc.

La solución parcial de bajo costo es el tipo de solución que generalmente se le da en un principio al problema del tránsito tratando de hacer la menor inversión posible pero la mayor en cuanto a regulación funcional del tránsito. Este tipo de solución incluye, entre otras, el sistema de establecer calles con circula

ción en un sentido, el estacionamiento de tiempo limitado, la prohibición de estacionarse en algunas arterias viales, la canalización del tránsito a bajo costo, un buen proyecto de señalización - en los caminos, etc.

Siempre, cualquier tipo de solución que se aplique deberá estar cimentada sobre tres bases muy importantes:

- I) Ingeniería de Tránsito.
- II) Educación Vial.
- III) Legislación y Vigilancia Policiáca.

Con la combinación de estos tres elementos se podrá obtener un tránsito seguro y eficiente.

La Ingeniería de Tránsito, como todas las ciencias, para atacar el problema sigue una metodología con base a los siguientes pasos:

- a) Recopilación de datos.
- b) Análisis de los datos.
- c) Selección de la solución.
- d) Estudio de los resultados obtenidos.

El primer paso consiste en recopilar toda la información-necesaria de fuentes veraces y oficiales como son las estadísticas, informes, etc. En este primer paso también se recopila información en base a observaciones de campo.

En el segundo paso se hace un análisis de todos los datos recopilados aplicando todos los estudios de Ingeniería de Tránsito.

to.

Ya que se hizo el análisis detallado de los datos se procede a seleccionar la solución más adecuada.

Finalmente, para ver si la solución seleccionada funcionó se hacen estudios de "antes y después" para ver los resultados obtenidos.

En la aplicación de los estudios de Ingeniería de Tránsito los principales aspectos que se analizan son:

- 1) Características del tránsito.- Se hacen estudios de volúmenes de tránsito, velocidad, capacidad de los caminos, estudios de origen y destino de los usuarios en sus movimientos, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones, etc., análisis de los accidentes. La presentación de estos estudios técnicos en forma somera es uno de los objetivos de este trabajo.
- 2) Reglamentación del Tránsito.- En este punto se contempla la legislación y vigilancia policiaca en base a una reglamentación del tránsito.
- 3) Señales y Aparatos de Control.- Es un aspecto muy importante en la Ingeniería de Tránsito que tiene por objeto determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales, iluminación, aparatos de control, etc.
- 4) Planificación Vial.- Es un aspecto muy importante que debe ser aplicado como medida preventiva en vez de estar aplicando constan

temente medidas correctivas.

5) Administración.- Es muy importante examinar las relaciones entre las distintas dependencias públicas que tienen competencia en materia vial y su actividad administrativa al respecto.

III EL USUARIO

El usuario es un elemento del tránsito que interviene en el problema del mismo como peatón y como conductor.

El Peatón.

Se puede considerar que el número de peatones en un país equivale a la población entera del mismo ya que todos, en algún momento dado, nos convertimos en peatones. Por lo tanto, si el usuario es una parte vital, hay que incorporarlo al problema del tránsito y a la era motorizada. Para ello, la educación vial se debe llevar a cabo desde temprana edad.

Algunas estadísticas relacionadas con los peatones, son las siguientes:

En 1971, en el D.F., el 31% de muertos por accidentes de tránsito eran peatones.

Según una estadística del Servicio Médico Forense, en 1978 murieron 2,547 personas en el D.F. por accidentes de tránsito de las cuales 1,869 (73.4%) eran peatones.

En los Estados Unidos el 80% de los peatones que resultaron accidentados no sabían manejar y en el 66% de los casos el peatón era culpable del accidente.

Si se analizan las estadísticas que existen con relación al peatón, se concluye que es muy importante que se le incorpore en forma institucional al problema del tránsito acondicionándolo-

para que cumpla con los reglamentos de tránsito. Así, por ejemplo, en los Estados Unidos se han llevado a cabo campañas multando a los peatones cuando no cumplan con los reglamentos obteniéndose muy buenos resultados.

Con la incorporación del peatón al problema del tránsito-- peatonal se deben hacer estudios de capacidad y niveles de servicio.

Al planear desarrollos urbanos se pueden establecer relaciones con el volumen de tránsito vehicular.

Para el estudio y proyecto de problemas relacionados con volúmenes de tránsito peatonal se cuenta con el auxilio de la tabla 2. En dicha tabla se considera, para fines de diseño, que un carril tiene un ancho de 55 cms.

En el nivel de servicio E se establece la capacidad que es el número máximo de unidades que pueden pasar en una sección determinada por unidad de tiempo.

TABLA 2

Nivel de Servicio	Volumen de Servicio Peatones/min/carril	Ocupación Mínima m ² /peatón	Velocidad de Operacion Km/hora
A	22	3.5	4.6
B	30	2.5	4.5
C	46	1.5	4.1
D	62	1.0	3.7
E	81	0.5	2.4
F	Variable	0.5	2.4

El Conductor.

Un índice importante y auxiliar en el estudio del problema de tránsito, es la relación entre licencias expedidas y vehículos registrados.

En Estados Unidos la relación es aproximadamente de 1.7 - conductores/vehículo. En México se estima que hay alrededor de 2- a 3 conductores/vehículo, considerando que existen actualmente al rededor de 15 millones de vehículos.

Se considera que con el debido adiestramiento, cualquier persona podría conducir todo tipo de vehículos; sin embargo, en base a estudios y pruebas, se ha observado que el conductor puede tener las siguientes limitaciones básicas:

- 1.- En la visión.
 - 2.- En sus reacciones
- { Físicas
 Psicológicas.

Los defectos más comunes de la visión son: miopía, presbicia, astigmatismo, estrabismo, etc; y se pueden corregir por medio de lentes. Otro defecto importante es el daltonismo que es la dificultad que tiene una persona para distinguir ciertos colores. Esto puede ser un impedimento grave al no poder distinguir entre el rojo y el verde de un semáforo por lo que se ha adoptado una convención entre las autoridades de tránsito y la luz roja se coloca en la parte superior si son semáforos verticales, y si son horizontales la luz roja se coloca del lado izquierdo.

Un defecto importante, sobre todo cuando el vehículo está en movimiento, es el de "visión de Túnel". La visión normal de un individuo viendo hacia el frente abarca todo lo que sucede en un cono de 180° , sin embargo hay personas que padecen el defecto de "visión de Túnel" y no distinguen nada fuera de cierto cono de visión. Cuando se tiene visión de túnel menor de 140° el caso es crítico y no conviene que el individuo maneje. Una cosa semejante ocurre al conductor de un vehículo en movimiento y al ser mayor - la velocidad del vehículo, el conductor enfoca la vista a una distancia mayor sufriendo, entonces, visión de túnel.

En base a observaciones y estudios realizados se ha podido llegar a las siguientes conclusiones en cuanto a la relación - que hay entre el ángulo de visión y la velocidad del vehículo.

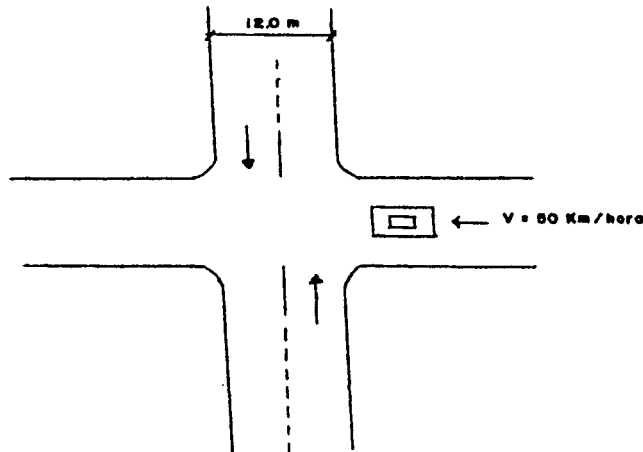
Velocidad	Angulo de Visión	Distancia aproximada a la que se fija la vista.
32 Km/hora	100°	150 m
96 Km/hora	40°	500 m.

Otro aspecto importante en relación con la visión de un conductor es el tiempo que tarda en enfocar.. Los siguientes valores se han determinado empíricamente y nos permiten determinar cuanto tiempo tarda un conductor en ver si el paso está libre al cruzar una calle de doble sentido.

Tiempo que tarda en:

Voltear a la izquierda	0.1 a 0.3 seg.
Enfocar	0.3 seg.
Voltear a la derecha	0.1 a 0.3 seg.
Enfocar	<u>0.3 seg.</u>
T o t a l :	0.8 a 1.2 seg.

Para fines de proyecto el tiempo total de reacción es de 1 seg. Por lo tanto, si ponemos como ejemplo un vehículo que llega a una intersección para cruzar una calle de doble sentido a una velocidad de 50 Km/hora.



Para determinar la distancia que recorre el vehículo en lo que el conductor hace toda la maniobra de voltear a ambos lados, enfocar y decidir si el paso está libre se aplica la fórmula:

$$D = v \times t = 50\text{Km/hora} \times 1\text{seg.} = \frac{50 \times 1000 \times 1}{3600} = 13.9\text{m.}$$

Se concluye que, si el conductor no disminuye la veloci -

dad o hace alto total, en lo que decide si el paso está libre ya-
habrá atravesado la calle pudiéndose producir un accidente.

Reacciones del Usuario.

Son la otra limitación básica del conductor y pueden ser-
de dos tipos:

- 1.- Física o condicionada.
- 2.- Psicológica.

La reacción física o condicionada consiste en un condicio-
namiento a un estímulo exterior creándose un reflejo condicionado-
en el cual no se necesita pensar.

En el tránsito también se presentan reacciones condiciona-
das cuando, por ejemplo, al pasar por una ruta determinada constan-
temente el conductor se va creando una serie de reflejos condicio-
nados.

También, el octágono rojo con la señal de alto ha creado-
una reacción condicionada en el conductor y en muchas ocasiones el
individuo reacciona a la forma y al color y ya no lee lo que dice-
la señal. Con esto, se ha ganado un valor de impacto al igual que-
con las señales amarillas preventivas. Por ello, es muy importante
la educación vial para acondicionar al individuo y crearle buenos-
hábitos.

La reacción psicológica es un proceso intelectual que --
culmina en un juicio. En este tipo de reacción se presenta un estí-
mulo exterior y después de ello el individuo tiene que tomar una -

decisión.

Se ha visto en forma empírica cuanto tiempo le toma al conductor reaccionar ante distintas situaciones como por ejemplo:

- El cambio de la luz roja a verde de un semáforo el individuo - tarda 0.25 seg. en reaccionar.
- Cuando el vehículo está en movimiento el tiempo de reacción - - aumenta y es de 0.83 seg. !

Para fines de proyecto se debe tomar como tiempo de reacción no menos de 1 segundo.

Sin embargo, el tiempo de reacción del conductor muchas veces se ve afectado por agentes externos e internos, siendo los principales los siguientes:

- 1.- La fatiga.
- 2.- Enfermedad provocada, alcohol, drogas, etc.
- 3.- El estado emocional del individuo.
- 4.- El clima.
- 5.- La época del año.
- 6.- Las condiciones del tiempo.
- 7.- La altura sobre el nivel del mar.
- 8.- El cambio del día a la noche y viceversa.

Distancia para detener un vehículo.

En Ingeniería de Tránsito la distancia para detener un -- vehículo es un punto muy importante que se toma en cuenta para fines de diseño en muchos proyectos.

Se considera que:

Distancia de parada = Distancia de percepción + Distancia de reacción +
Distancia de frenado.

Generalmente se desprecia la distancia de percepción y para determinar la distancia de reacción se toma un segundo como -- tiempo de reacción.

La distancia de frenado se puede determinar de la siguiente manera:

A partir de la fórmula de movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, en este caso aceleración negativa a partir de la acción de pisar el freno, se tiene que:

$$D = vt - \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

en donde: v = velocidad del vehículo en el momento de aplicar los frenos en m/seg.

t = tiempo

a = aceleración

D = Distancia recorrida antes de parar totalmente.

Se conoce " v " pero " t " y " a " son incógnitas.

Haciendo un diagrama del vehículo se tiene lo siguiente:



F_2 es la fuerza que detendrá el vehículo y se da por la fricción-

de la llanta con el pavimento al pisar los frenos.

$$F1 = ma \quad m = \frac{w}{g} \quad F1 = \frac{w}{g} a$$

$$F2 = wf \quad \text{Donde:}$$

f : Coeficiente de fricción.

Para que el vehículo se detenga tiene que -
cumplir que:

$$F1 = F2$$

$$\therefore \frac{w}{g} a = wf$$

$$a = fg \quad (2)$$

$$\text{Por otra parte: } v = at \quad \therefore t = \frac{v}{a} \quad (3)$$

$$\text{Sustituyendo (2) en (3)} \quad t = \frac{v}{fg} \quad (4)$$

Sustituyendo (2) y (4) en (1)

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

$$\text{Desarrollando:} \quad D = \frac{v^2}{fg} - \frac{1}{2} fg \frac{v^2}{(fg)^2}$$

$$D = \frac{v^2}{fg} - \frac{v^2}{2fg} \quad D = \frac{v^2}{2fg}$$

Transformando la fórmula para que se tenga:

D en metros

v en Km/hora

g en m/seg.²

$$d = \frac{v^2}{2fg} = \frac{v^2 \times 1000^2}{2 \times 9.81 \times f \times 3600^2} = 0.00394 \frac{v^2}{f}$$

finalmente:

$$df = \frac{3.94 v^2}{1000 f}$$

donde: df está en m
v está en Km/hora

Experimentalmente se han determinado los siguientes valores de "f".

f = 1.35 Es un coeficiente de fricción peligroso ya que ocasionará que los ocupantes del vehículo sean proyectados hacia adelante.

f = 1.00 Es un coeficiente que corresponde a condiciones incómodas y puede ser peligroso.

f = 0.60 Es un valor aceptable para el coeficiente de fricción.

f = 0.45 Es un valor aceptable, correspondiente a frenos que están en los límites legales.

f = 0.20 Es un valor que se utiliza para factores adversos como pavimento resbaloso, etc.

Para fines de proyecto utilizaremos un valor de f = 0.20- aunque algunos autores recomiendan un valor de f = 0.16.

Se ha observado que las reacciones más comunes del usuario son las reacciones condicionadas por lo que en Ingeniería de Tránsito un aspecto que se debe tomar muy en cuenta es el de que se deben evitar los cambios bruscos en el señalamiento y control del tránsito.

IV EL VEHICULO

El vehículo es otro de los elementos básicos del tránsito y por el desarrollo desmesurado que ha tenido se ha convertido en un factor muy importante como causa principal del problema del tránsito.

Un índice importante en el tránsito es la relación del número de habitantes por vehículo. Cuando este índice llega a un valor de 2 se le considera como de saturación. En la tabla 3 se presenta dicho índice para distintos países.

TABLA 3

País	Habitantes/vehículo
Estados Unidos	1.6
Alemania Occidental	2.3
Japón	4.1
México	21.0
Canadá	2.1
Suecia	2.9
U.R.S.S.	30.0
Argentina	8.0
Francia	3.0
Italia	3.6
Gran Bretaña	3.6

Uso del Vehículo

En base a estudios realizados para determinar los principales usos del vehículo se ha podido determinar que el automóvil es - -

utilizado principalmente para actividades relacionadas con el trabajo y negocios. Esto va a significar que la mayor parte del tiempo el automóvil permanecerá estacionado mientras el conductor realiza dichas actividades. Algunos estudios en distintas ciudades en relación con el uso del vehículo, son los siguientes:

Promedio de 15 ciudades
en Estados Unidos.

Trabajo	41.2 %
Negocios	14.6 %
Compras	11.8%
Visitas médicas	1.3 %
Escuelas	1.3 %
Servicios Varios	9.6 %
Comida	4.2 %
Recreación	16.0 %

Usuarios de estacionamientos
en México.

Trabajo	47.0 %
Educación	24.7 %
Compras	18.4 %
Recreación	1.9 %
No especificado	8.0 %

Estudio en los Angeles

Trabajo	71.4 %
Actividades	13.8 %
Negocios	4.6 %
Lugar a casa	1.0 %
Alimentos	1.0 %
Recreación	0.6 %
Otros	7.6 %

Estudio en Caracas

Trabajo	67.2 %
Negocios	18.7 %
Compras	13.4 %
Recreación	0.7 %

El rendimiento es un factor importante en relación con los vehículos y es el número de kilómetros que se recorren por litro de combustible. Se considera que hay un punto óptimo en el rendimiento

de un automóvil entre los 30 y 50 Km/hora dependiendo del estado - del vehículo. En una prueba realizada en los Estados Unidos se observó que el rendimiento óptimo era de 32 Km/hora.

Promedio de Ocupación del Vehículo.

Es otro factor importante en relación con el vehículo y es el número promedio de pasajeros, incluyendo al conductor, que viajan en ellos, en cierto momento.

En estudios de origen y destino realizados en 1965 por la antigua Secretaría de Obras Públicas en distintos caminos federales se observó lo siguiente:

En viajes foráneos los automóviles tenían una ocupación promedio de 2.3 personas/vehículo y en autobús era de 23.4 personas/vehículo.

En el Distrito Federal, en estudios realizados, se ha observado una ocupación promedio en los automóviles de 1.6 a 1.8 personas/vehículo. En los Estados Unidos se han observado ocupaciones promedio de 1.3 personas/vehículo.

De los estudios anteriores se puede concluir que los automóviles, por lo general, están sobrados de capacidad. Por ello actualmente en Europa hay una tendencia a fabricar vehículos de 4 plazas mientras que en Estados Unidos hay la tendencia a fabricar vehículos de 6 plazas y menores. Esto va íntimamente relacionado a las fluctuaciones que han habido en el precio del combustible que-

ha dado origen a que exista una tendencia a fabricar automóviles de menor potencia (4 y 6 cilindros) y se reduzca la fabricación de autos de 8 cilindros. En México se ha visto una clara tendencia a que exista un predominio de autos compactos.

Un punto muy importante en relación con los vehículos, son las fallas mecánicas que puedan tener dentro de la corriente de tránsito ya que esta es una de las principales causas de accidentes y con gestionamientos. Para atacar este punto se deben implantar campañas de inspección mecánica obligatoria a nivel nacional por parte de las autoridades en forma anual. En países donde se llevan a cabo estas inspecciones mecánicas obligatorias se han obtenido índices de mortalidad por accidentes menores que en países donde no se hacen dichas inspecciones.

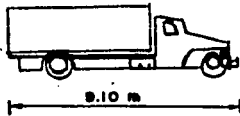
Dimensiones de Vehículos.

La dimensión de los vehículos es muy importante para todo proyecto de vialidad y diseño de estacionamientos. Normalmente los gobiernos fijan las longitudes, anchuras y alturas máximas de los vehículos.

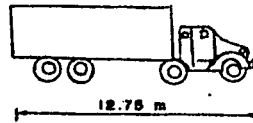
Para fines de proyecto se pueden utilizar los siguientes valores límites generales de las dimensiones de los automóviles:

longitud de defensa a defensa	4.40 - 5.80m
longitud de centro a centro de ruedas	2.80 - 3.75m
Anchura total	1.77 - 2.05m
Altura total	1.53 - 1.74m

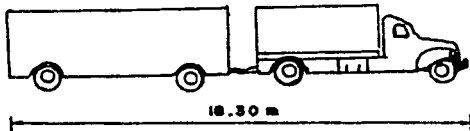
Para camiones las dimensiones más usuales son las siguientes:



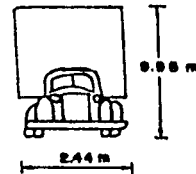
CAMION UNITARIO



TRACTOR Y SEMIREMOLQUE



CAMION Y REMOLQUE

Radio de Giro.

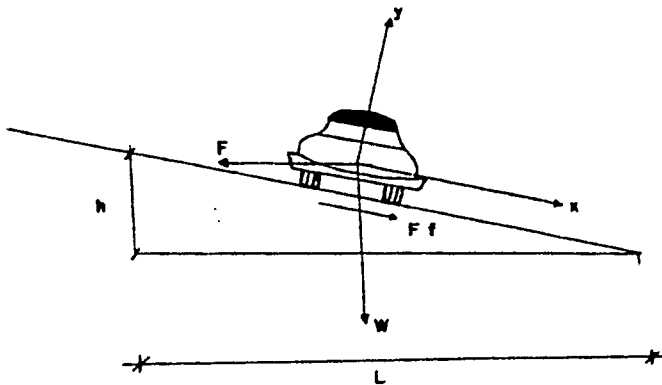
Para proyectos de vialidad y estacionamientos se debe considerar que los vehículos tienen movimientos que exigen radios mínimos de giro.

La Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras (AASHO) recomienda para fines de proyecto los siguientes valores mínimos:

Tipo de Vehículo	Longitud de diferentes vehículos en m.	Radio de Giro m
Automóviles	4.57 - 7.55	9.15
Autobuses foráneos	9.15 -14.00	15.25
Autobuses urbanos.	9.00 -12.90	15.25
Electrobuses	12.50 - 13.40	15.25
Camiones	5.45 - 21.10	15.25

En la tabla 4 se presentan las características de los vehículos para fines de proyecto según normas de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Quando se estudia al vehículo en movimiento, si se desliza a lo largo de una curva, se pueden determinar el radio y la sobreelevación de la curva para que el vehículo circule con seguridad y la fuerza centrífuga no lo saque de la curva. Dicho radio de curvatura se puede determinar de la siguiente manera.



Se sabe que: $F = m a$

y en movimiento circular la aceleración es: $a = \frac{v^2}{R}$

$$\therefore F = \frac{w}{g} \frac{v^2}{R}$$

$$\sum F_x: \therefore F_x = W_x + F_f$$

CARACTERISTICAS		VEHICULO DE PROYECTO					
		DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1525	
DIMENSIONES EN CM.	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	---	---	---	397	919
	Distancia entre ejes del semirremolque	DES	---	---	---	762	610
	Vuelo delantera	Vd	92	100	122	122	92
	Vuelo trasera	Vt	153	180	183	183	61
	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	---	---	---	---	122
	Distancia entre ejes tándem semirremolque	Ts	---	---	---	122	122
	Distancia entre ejes interiores tractor	Ot	---	---	---	397	488
	Dist. entre ejes interiores tractor y semirremolque	Os	---	---	---	701	793
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259
	Entrencha del vehículo	EV	183	244	259	259	259
	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412
	Altura de los ejes del conductor	Hc	114	114	114	114	114
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61
Altura de los faros traseros	Hl	61	61	61	61	61	
Ángulo de desviación del haz de luz de los faros	cc	1°	1°	1°	1°	1°	
Radio de giro mínimo (cm)	Rg	732	1040	1281	1220 ^b	1372 ^a	
Peso total (Kg)	Vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000
	Vehículo cargado	Wc	5000	10000	17000	25000	30000
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)	Wv/P	45	90	120	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A _{py} A _c	C2	B-C3	T2-51 T2-52	T3-52 OTROS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A _{py} A _c	99	100	100	100	100	
	C2	30	90	99	100	100	
	C3	10	75	99	100	100	
	T2-51	0	0	1	80	99	
	T2-52	0	0	1	93	78	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A _{py} A _c	98	100	100	100	100	
	C2	62	98	100	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	T2-51	6	85	100	100	100	
	T2-52	6	42	98	98	98	
	T3-52	2	35	80	80	80	

Tabla 4.- CARACTERISTICAS DE LOS VEHICULOS DE PROYECTO.

$$F \cos \alpha = W \sin \alpha + F_n x f \quad (1)$$

$$F_n = F \sin \alpha + W \cos \alpha \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$F \cos \alpha = W \sin \alpha + (F \sin \alpha + W \cos \alpha) f$$

$$F \cos \alpha = W \sin \alpha + F \sin \alpha \times f + W \cos \alpha \times f$$

$$F = w \tan \alpha + F \tan \alpha \times f + w \times f. \quad (3)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{L} = S = \text{sobreelevación} \quad (4)$$

$$F = \frac{w}{g} \frac{v^2}{R} \quad (5)$$

Sustituyendo (4) y (5) en (3)

$$\frac{w}{g} \frac{v^2}{R} = w s + \frac{w}{g} \frac{v^2}{R} \times s \times f + w \times f$$

$$\frac{v^2}{gR} (1 - sxf) = s + f$$

Si consideramos que:

$$f = 0.16$$

$$s = 0.10$$

$$\therefore \frac{v^2}{gR} = s + f$$

$$sxf = 0.16 \times 0.1 = 0.016$$

$$1 - 0.016 = 0.98 \approx 1$$

Sustituyendo "g" y cambiando la velocidad de m/seg a Km/hora la ecuación queda;

$$s + f = 0.00785 \frac{v^2}{R}$$

Si limitamos los valores de la sobreelevación y del coeficiente de fricción a:

$$s = 0.10$$

$$f = 0.16 :$$

$$s + f = 0.26 = 0.0079 \frac{v^2}{R}$$

$$R = 0.0304 v^2$$

Costo de Operación.

El costo de operación de un vehículo está determinado por - la depreciación del mismo, su conservación y reparación, gasolina y aceite, llantas, impuestos y en muchos casos renglones como póliza - de seguro, renta de cochera, gastos de estacionamiento, etc. El - - cómputo de estos gastos en una base anual, o por kilómetro, depende de factores tales como el precio del automóvil, su duración, su tipo y características de operación, el kilometraje recorrido anual - mente, etc., así como numerosas condiciones con relación al uso del vehículo incluyendo velocidad, características del tránsito, características del conductor y los tipos de camino. Esta variedad de - factores van a determinar una variación en los costos de operación - de los vehículos.

V EL CAMINO

Se entiende por camino la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. El término genérico "camino" abarca tanto - las calles como las carreteras.

En México existen las siguientes clasificaciones de los caminos:

Clasificación por su Transitabilidad:

- Camino pavimentado: Transitable en todo tiempo y recubierto con concreto asfáltico o hidráulico.
- Camino revestido: Transitable en todo tiempo. Superficie cubierta con grava.
- Camino de tierra o en terracería: Transitable en tiempo de secas.

Clasificación Administrativa:

Esta clasificación es según quien los construye, conserva u opera:

<u>Tipo de camino</u>	<u>Construcción</u>	<u>Conservación</u>	<u>Vigilancia</u>
-Federales	Gobierno Federal	Gobierno Federal	Policía Federal de Caminos
-Estatales	Gobierno Federal Gobierno Estatal	Gobierno Estatal	Dirección de Tránsito del Estado.
-Vecinales	Gobierno Federal Gobierno Estatal Vecinos	Junta local de caminos	Dirección de tránsito del Estado.
-De cuota	Gobierno Federal	Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios conexos.	Policía Federal de caminos

Clasificación Técnica Oficial:

Esta clasificación se hace tomando en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino y las especificaciones geométricas. En la tabla 5 se presenta esta clasificación técnica y las características y normas de las carreteras de acuerdo a dicha clasificación.

TABLA 5 (3)

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																												
		E					D					C					B					A								
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	Mts	HASTA 100					100 a 500					500 a 1500					1500 a 3000					MAS DE 3000								
TIPO DE TERRENO	MONTAÑOSO CAMBIO PLANO																													
VELOCIDAD DE PROYECTO	Km/H	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	60	70	80	90	100	110
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	°	60	50	47	44	41	7.5	60	50	47	44	7.5	50	47	44	41	38	35	17	14	11	7.5	6.5	6.0	17	14	11	7.5	6.5	6.0
CURVAS VERTICALES	m/%	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	6	14	20	31	43	57	6	14	20	31	43	57	7.5	14	20	31	43	57
	m/%	4	7	10	18	20	4	7	10	15	20	7	10	18	20	25	31	37	10	18	20	25	31	37	43	43	43	43	43	43
PENDIENTE GOBERNADORA	%	7					6					5					4					3								
PENDIENTE MAXIMA	%	10					9					7					7					6								
ANCHO DE CALZADA	m	4.0					6.0					6.0					7.0					8.0								
ANCHO DE CORONA	m	4.0					6.0					7.0					9.0					9.0								
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-					-					0.8					1.0					2.5								
SOBREELEVACION MAXIMA	%	10					10					10					10					10								

Otra forma de clasificar los caminos, en la práctica popular es en:

- Autopista (de cuatro o más carriles).
- Camino de tres carriles.
- Camino de dos carriles.

- Brecha

En la figura 1 se presentan las partes integrantes de un camino y el tipo de señalamiento, que se denomina horizontal cuando va pintado sobre la superficie de rodamiento y vertical cuando es perpendicular a la superficie de rodamiento.

Especificaciones.-

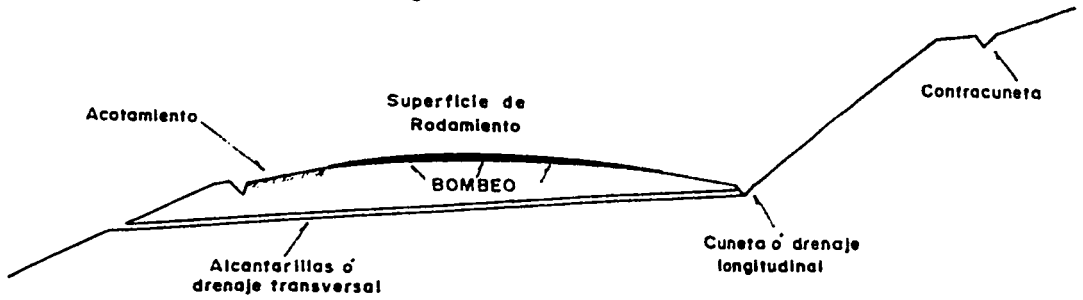
Para fijar las normas geométricas de un camino, desde el punto de vista de la Ingeniería de Tránsito, se deben considerar los volúmenes de tránsito, el tipo de vehículos y la velocidad de proyecto. Sobre este aspecto no se profundizará mucho por no ser objetivo del presente trabajo. En la tabla 6 aparece la anchura mínima para caminos de dos carriles en función de la velocidad de proyecto.

TABLA 6 (1)

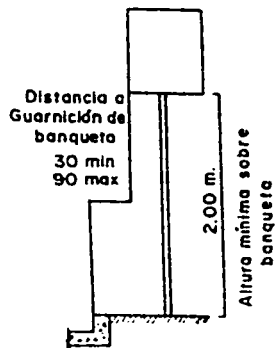
Velocidad de Proyecto Km/h.	10 a 50		50 a 100		100 a 200		200 a 400		Más de 400	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
48	5.40	6.00	5.40	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60	7.20
64	5.40	6.00	5.40	6.00	6.00	6.60	6.60	6.60	6.60	7.20
80	5.40	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60	7.20	7.20	7.20
96	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60	6.60	6.60	7.20	7.20	7.20
112	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20

Para que un camino sea seguro, en cualquier tramo debe tener suficiente distancia de visibilidad de parada cuando se presente algu

Figura 1



Partes integrantes de un camino



Señalamiento Vertical

na situación que obligue al conductor a detener su vehículo y, también, suficiente distancia de visibilidad de rebase que permita al conductor efectuar rebases sin peligro.

En la tabla 7 están tabulados los valores mínimos de distancia de visibilidad de parada y de rebase en función de distintas velocidades de proyecto.

TABLA 7(1)

Velocidad de Proyecto Km/h	Distancia de visibilidad de parada m	Distancia de visibilidad de rebase m
40	55	140
50	70	190
60	85	240
70	105	290
80	120	340
90	140	390
100	165	450
110	190	500

Intersección:

Las intersecciones son una parte muy importante de un camino, que se presentan en el cruce de un camino con otro, con el ferrocarril o con poblaciones.

Las intersecciones pueden ser de dos tipos:

- A Nivel
- { - Simples
 - { - Canalizadas

A Desnivel { - Movimientos directos
 - Movimientos indirectos

Las intersecciones a nivel son aquellas en que los caminos- que se intersectan se encuentran al mismo nivel.

Estas intersecciones son simples cuando la importancia del tránsito que circula por ellas no amerita ningún trabajo especial - más que el de nivelar el terreno, redondear las esquinas y facilitar la visibilidad, para que los vehículos pasen de un lado a otro. Cuando los caminos y los volúmenes de tránsito que circulan por ellos - son de importancia, se utilizan las intersecciones canalizadas las - cuales, como su nombre lo indica, permiten canalizar el tránsito de- manera que al usuario no se le presenten varias decisiones a la vez. Con dicha canalización se encauzan los movimientos en la dirección - debida separándose, así, los conflictos. El ángulo con que se inter- sectan los movimientos debe ser tal que permita la mayor visibilidad al conductor. Si a la intersección confluyen tres o más caminos, se- puede complicar y dotársele de dispositivos de control que ordenen - el movimiento vehicular por turnos y en función de los volúmenes de- tránsito.

Las intersecciones a desnivel son aquellas en que la inter- sección de los caminos se hace a distinto nivel y con ello, se sepa- ran las corrientes de tránsito. Este tipo de intersección se utiliza cuando los volúmenes de tránsito son muy altos y el índice de acci- dentes en la intersección es muy grande. Las intersecciones a desni-

vel de movimientos directos son las más modernas y son de tres distintos niveles, donde las vueltas izquierdas se efectúan directas y no - mediante círculo completo a la derecha. En un "trebol" las vueltas izquierdas equivalen a dar un círculo completo a la derecha.

Intersecciones Rotatorias.

Las intersecciones rotatorias son aquellas que operan con - circulación continua, en un sentido, alrededor de una isla central. - En distintos países, se les denomina de manera diferente como por - - ejemplo:

Estados Unidos	-	Traffic circle
Inglaterra	-	Round-about
Venezuela	-	Redoma
Argentina	-	Rond Point
Francia	-	Place y Rond Point
Colombia y México	-	Glorieta

En la Ingeniería de Tránsito se les ha dado el nombre genérico de intersecciones rotatorias.

Las partes integrantes de una intersección rotatoria aparecen en la Figura 2

Una parte central, generalmente con tratamiento de jardín, - que se le denomina isla central. Las pequeñas partes que se encuentran en la unión de la intersección con las calles que convergen a ella se les denomina isletas deflectoras y generalmente son de forma triangular.

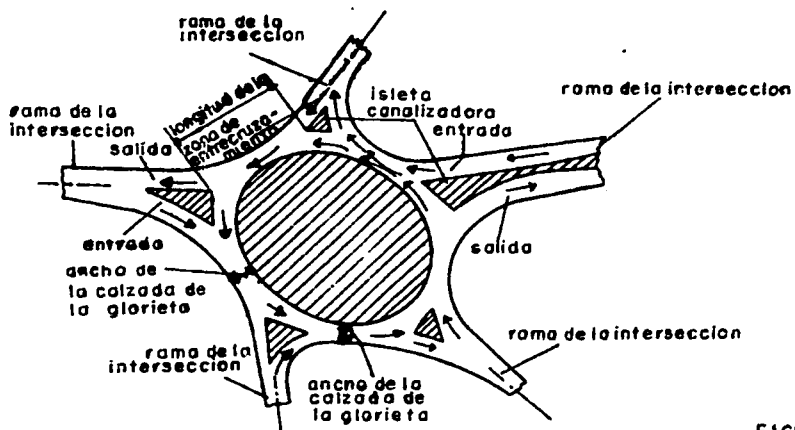
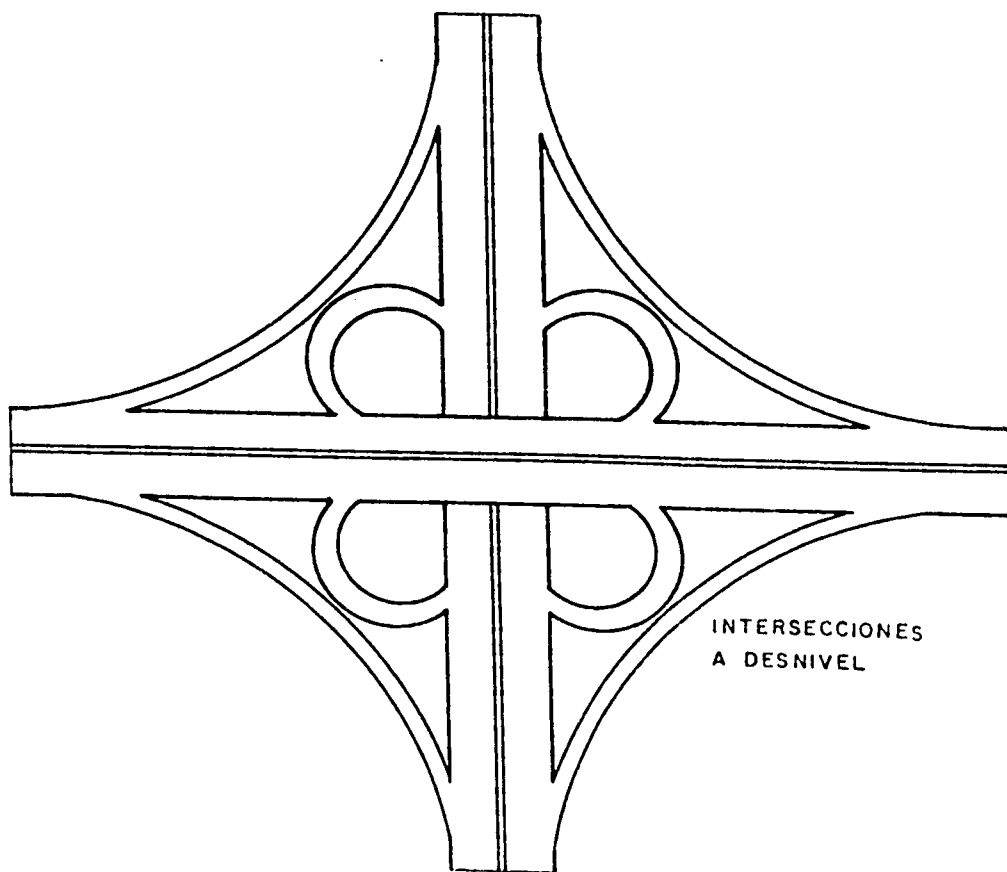


FIGURA 2

INTERSECCION ROTATORIA

!



Algunas pueden no ser isletas y formar parte de la faja separadora central de la calle convergente. La distancia más corta entre dos isletas deflectoras se le llama distancia de entrecruzamiento. La parte de arroyo de circulación alrededor de la isla central se denomina calzada de la intersección. Las calles que convergen en la intersección se denominan ramas. Si la arteria convergente cruza la intersección rotatoria representará dos ramas. Cada calle convergente tiene una entrada y una salida de la intersección, a menos que se trate de una calle de un solo sentido de circulación.

Se considera que las intersecciones rotatorias surgieron cuando los urbanistas trazaron calles diagonales en una traza urbana ortodoxa como, por ejemplo, la traza en base a una cuadrícula rectangular.

La Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Vialidad ha establecido como límite del volumen de tránsito, 3,000 vehículos/hora de entrada en todas las ramas de la intersección, para considerar que la intersección rotatoria trabaja a una capacidad máxima satisfactoria.

Los principales aspectos técnicos que deben considerarse para los proyectos de intersecciones rotatorias, son los siguientes:

Velocidad.- Para que sean eficientes estas intersecciones, se ha visto que los vehículos deben circular por ellas con velocidades de 25 a 40-Km/hora.

Zona de entrecruzamientos.- En base al análisis de capacidad vial que se hizo de la zona de entrecruzamientos se pueden determinar la longi-

tud del tramo de entrecruzamientos y el número de carriles que debetener el arroyo de circulación para que no se afecte la capacidad vial. (Ver Capítulo de Capacidad Vial).

Proyecto de isla central.- Al proyectar la isla central se debe considerar la velocidad de proyecto de la intersección rotatoria, el número y la ubicación de las ramas y las longitudes necesarias para el entrecruzamiento. Para proyectar, se debe buscar la unión de la entrada de una rama con la salida de la siguiente, siempre tratando que la zona de entrecruzamiento sea lo más corta posible. En algunas ocasiones, condiciones técnicas locales pueden ser determinantes para que se le dé a la isla central alguna forma especial.

Entradas y salidas.- Un buen proyecto de las entradas y salidas de una intersección rotatoria va a repercutir en una buena operación de la misma. La velocidad de la corriente que entra a la intersección debe ser aproximadamente igual a la de la calzada de la intersección. Para ello, se debe reducir la velocidad de la corriente de llegada y proyectar los accesos para una velocidad semejante a la de la calzada. Por otra parte, las salidas se deben diseñar para una velocidad como la de la calzada de la intersección o, de ser posible, para una velocidad mayor para hacer más eficaz el desalojo de la calzada.

Isletas deflectoras.- Deben tener un buen diseño ya que son las que determinan el ángulo de convergencia de las corrientes de entrada y se deben proyectar a la vez que se proyectan las entradas y salidas. Deben tener dimensión suficiente y proyectarse adecuadamente a las -

trayectorias de los vehículos para que sirvan para alojar señales, - semáforos, postes de iluminación y como refugio para peatones.

Distancias de visibilidad y pendientes.- Las distancias de visibilidad en las entradas deben ser tales que permitan al conductor tener el tiempo necesario de reacción antes de incorporarse a la corriente de tránsito de la calzada. Esta distancia debe ser mayor que la distancia de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de proyecto de la rama, en su entrada. Por otra parte, en toda la intersección debe existir poca o nula pendiente que pudiera obligar a reducciones de velocidad. Las pendientes longitudinales no deben ser de más del 3%.

Dadas las características de los distintos elementos que deben constituir las intersecciones rotatorias y lo poco operantes que resultan por el problema de tránsito en las grandes ciudades, casi todas las intersecciones rotatorias existentes en zonas urbanas han tenido que ser canalizadas y controladas mediante semáforos.

Al canalizarse una intersección rotatoria se le deberá dar prioridad al paso de la corriente o volumen mayor y por ello se recomienda cortar la isla central dando prioridad a su alineamiento. En algunos casos se requiere cortar a través de la isla central en dos direcciones y en casos de volúmenes de tránsito altos la solución podrá requerir la construcción de un paso a desnivel.

Señales.

Existen tres tipos básicos de señales verticales, que son -

los siguientes:

- 1) Preventivas.
- 2) Restrictivas
- 3) Informativas.

Señales preventivas:

Son aquellas que se colocan en el camino para prevenir al conductor de que habrá algún cambio en el diseño geométrico del camino o para prevenirlo de la existencia de algún peligro potencial en el mismo. Por ello, estas señales se deben colocar anticipadamente y en carreteras, normalmente, se colocan con una anticipación de 250m. Por ejemplo, la señal de que habrá una curva en el camino, camino sinuoso, el cruce de dos caminos, etc.

Estas señales son de forma cuadrada y tienen fondo amarillo con símbolo y ribete negros.

Señales Restrictivas:

Las señales restrictivas sirven para indicarle al usuario que no lleve a cabo ciertas acciones, o bien, para expresarle alguna fase del Reglamento de Tránsito con la cual debe cumplir. Su forma es rectangular o circular, salvo en el caso del octágono, que es la señal de "alto", y el triángulo con la señal de "ceda el paso". Los colores que se usan en las señales restrictivas son fondo blanco, círculo rojo, símbolo, letras y ribete, negros.

Señales Informativas:

Pueden ser de dos tipos:

- a) Informativas de destino.
- b) Informativas de servicio.

Las informativas de destino, como su nombre lo indica tienen como finalidad proporcionar alguna información al usuario, ya sea de tipo turístico, direccional, etc. Su forma es rectangular y se colocan en sentido horizontal. Los colores que se usan son fondo blanco - con letras y ribete negros. Cuando se trata de "caminos principales", estas señales pueden ser de fondo verde con letras y ribete blancos.

Las informativas de servicio se colocan en el camino para informar al usuario dónde hay servicios de los cuales puede hacer uso como por ejemplo servicio médico, teléfono, taller mecánico, etc. En estas señales se usan los colores azul, blanco y negro.

Autopistas Modernas.

Se les ha denominado "autopistas" a las carreteras modernas-proyectadas y construídas para que los vehículos puedan desarrollar - altas velocidades. La autopista es un paso adelante en la evolución - de los caminos al contar con más capacidad y mejor velocidad de pro - yecto, con una mayor seguridad, y surge como contrapartida al desarro - llo extraordinariamente acelerado del vehículo. Otra característica - de las autopistas es que sus intersecciones son a desnivel, en sus ac - cesos puede haber un control total o parcial y tienen cuatro o más ca - rriles divididos por una franja separadora.

Pueden haber autopistas tanto en zona urbana como en zona ru - ral y para que un camino se amplíe y se le convierta en autopista -

hay que hacer el análisis de dos factores muy importantes en el camino existente: volúmenes y accidentes de tránsito. Un factor favorable con la construcción de autopistas es que se disminuye notablemente el choque de frente entre dos vehículos al existir una franja separadora central.

Se considera que en las autopistas pueden existir las siguientes variaciones:

- a) Autopista Simple: Los norteamericanos le llaman "Expressway" y son calles y caminos principales, de cuatro o más carriles con faja separadora central, con control total o parcial en los accesos y generalmente con intersecciones a desnivel.
- b) Autopista de Vía Libre: Es lo que en Estados Unidos llaman "Freeway" y son caminos de alta velocidad, de cuatro o más carriles con camellón central pero con control total en los accesos y todos sus cruces son a desnivel. En estas autopistas no pueden establecerse instalaciones privadas dentro del derecho de vía y si hay conexiones con propiedades colindantes deberán construirse fajas separadoras laterales y con ello carriles laterales de servicio.
- c) Autopista Jardín: En Estados Unidos se le denomina "Parkway" y sólo permite el tránsito de automóviles. Puede tener las características de la autopista de "via libre" o de la autopista simple.

Algunos aspectos relacionados con el proyecto geométrico de las autopistas y especificados por la AASHO y el Instituto de Ingeniería de Tránsito son los siguientes:

- Deben tener cuatro carriles o más con faja separadora central de -

anchura mínima de 4.00 metros y en zona rural una anchura deseable de 19.00 metros.

- Se recomienda una anchura de carril ideal, de 3.60 metros.
- Se consideran velocidades de proyecto de 112 K.p.h. y volúmenes de tránsito superiores a los 200 vehículos por hora.
- El alineamiento horizontal debe constar de curvas con espirales de transición.

En el aspecto seguridad, se han comparado los índices de accidentes con base en el "kilometraje generado" entre las carreteras y las autopistas y se ha visto que las autopistas tienen un índice mucho más bajo.

VI PLANIFICACION VIAL URBANA

El origen del trazo en forma de cuadrícula de la ciudad de México data desde la época de los aztecas. Posteriormente, cuando la ciudad de Tenochtitlan fué arrasada por los españoles, se le encomendó al "alarife" Alfonso García Bravo el trazo de la nueva ciudad. Y éste, llevó a cabo el nuevo trazo sobre el trazo original de los aztecas a base de una cuadrícula, dejando como núcleo central a la Plaza Mayor y las principales calzadas y acequias como base del sistema vial.

Posteriormente, ante el crecimiento desmedido de la ciudad junto con la población y los vehículos, así como la falta de planificación de dicho crecimiento por parte de las autoridades, el antiguo trazo cuadrangular de la ciudad ha resultado obsoleto.

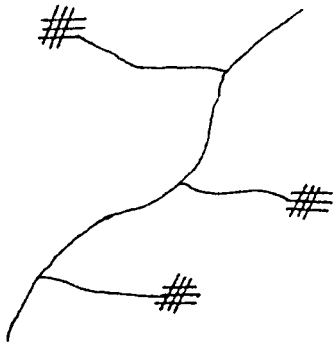
Demanda de Movimiento en las Ciudades.

En una población se considera que existen dos tipos de movimientos que son los externos y los internos. Estos van a variar en función del tamaño de la población y de la distancia que separe a la ciudad de otras. Así, por ejemplo, mientras más grande sea una ciudad van a predominar los movimientos internos, o sea el tránsito local de la ciudad.

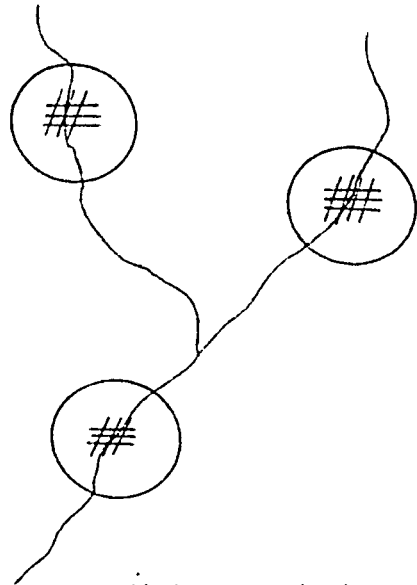
Sin embargo, en la mayoría de las ciudades, siempre habrá un porcentaje de tránsito que va a pasar por la ciudad sin detenerse en ella. Estos son los movimientos externos y se dan debido al antiguo trazo que exigía el paso de las carreteras por el centro de las

poblaciones. Este tránsito flotante en ocasiones puede resultar problemático al agregarse al tránsito de movimientos internos en horas de máxima demanda. Ante esto, se han dado soluciones como las que se presentan en la figura 3.

FIGURA 3



poblaciones comunicadas por
Carreteras tangentes
y sus ramales



poblaciones comunicadas
por carretera dotadas de
anillos para evitar penetración

En lo que se refiere a los movimientos internos de una ciudad, mediante estudios de Origen y Destino, se ha visto que la mayor parte de estos movimientos son de tipo radial y que por la mañana van de la periferia al centro de las ciudades y por la tarde o noche del centro a la periferia. Al desarrollarse las ciudades van surgiendo

do centros comerciales que también se convierten en polos de atracción generándose viajes locales, pero siempre con el predominio de un patrón de movimientos de tipo radial. Dicho flujo de vehículos de tipo radial en una ciudad, se puede ver con mayor claridad al observar un mapa de la ciudad con la representación de los volúmenes de tránsito por medio de líneas de demanda. Estas líneas de demanda en la periferia de la ciudad son delgadas pero conforme se van acercando al centro se ensanchan notablemente presentándose los mayores volúmenes de tránsito hasta llegar a su límite que es la capacidad de la arteria.

Ante esta problemática que se presenta por la falta de planificación que ha existido en las ciudades, desde el punto de vista técnico se ha convenido que la mejor forma de atacar el problema es desarrollando programas equilibrados donde se les de un mayor impulso a los sistemas de transporte masivo, combinado con el desarrollo de obras viales, incluyendo las autopistas urbanas, para tratar de superar las limitaciones que existen en la vialidad por el antiguo trazo de las ciudades.

Así, por ejemplo, en las grandes ciudades de Europa se le ha dado un gran impulso al transporte masivo, incluyendo el tren subterráneo y el tren elevado, y en ciudades alemanas y francesas se están creando autopistas urbanas diseñadas para que se desarrollen altas velocidades de proyecto para que sirvan de alivio a la red vial superficial. En los Estados Unidos se han desarrollado grandes redes

de autopistas urbanas y se le empieza a dar mayor importancia a los sistemas de transporte público. En Asia, en Japón en 1972 el 95% de sus autopistas urbanas eran elevadas dándole un gran alivio al problema de vialidad.

En la Planificación Vial Urbana que se está llevando a cabo en las grandes ciudades como medida paliativa al problema del tránsito y muchos otros problemas de otra índole, se ha observado una clara tendencia de romper con la tradición de un solo "centroide" en las ciudades y se están creando otros polos de desarrollo. En nuestro país esto se puede observar a nivel de toda la República Mexicana con la creación de grandes polos de desarrollo industrial que son los "Distritos Industriales Marítimos" de las ciudades de Coatzacoalcos, Ver., Altamira, Tamps., Lázaro Cárdenas, Mich. y Salina Cruz, - Oax. En cuanto a las ciudades, en estas se están desarrollando zonas o áreas satélite en la periferia de las mismas. Estas zonas cuentan con todos los centros cívicos y comerciales necesarios para que el individuo pueda satisfacer todas sus necesidades primarias y mediante la creación de estos polos de atracción se generan en ellos movimientos internos locales y se pueden reducir notablemente los viajes persona hacia el centro de las ciudades.

Planes para el Distrito Federal.

En el Distrito Federal, para aliviar el problema de vialidad de la ciudad, se ha adoptado como solución el dotar a la ciudad de un sistema arterial constituido por vías radiales complementadas

por anillos concéntricos que permitan el traslado de un punto de la ciudad a otro sin necesidad de pasar por el centro. Con estos anillos concéntricos también se pretende que los movimientos externos - que no tienen necesidad de entrar a la ciudad, la rodeen y prosigan su camino.

Para llevar a cabo estas soluciones, la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano ha realizado diversos estudios, que junto con planes afines de las Secretarías de Comunicaciones y Transportes, y de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, el Estado de México y la Comisión de Conurbación del centro del país han dado lugar al "Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal.

Este plan, para alcanzar su objetivo, se ha subdividido en los siguientes cuatro capítulos básicos, (6)

1.- El "Plan Maestro del Metro".

Habrán de llevarse a cabo, a corto, mediano y largo plazo - hasta cubrir una longitud de 378Km de extensión, con 21 líneas en el D.F., y 3 más en el Estado de México, capaces de alcanzar una oferta de transportación de 24 millones de pasajeros/día.

2.- El "Plan de Vialidad".

Considera la ejecución de las siguientes obras viales:

- a) 400 Km de nuevos Ejes viales.
- b) Terminación del Anillo Periférico, construyendo los 46.7 Km faltantes en los arcos norte y oriente.
- c) Terminación del Circuito Interior, con la realización de los -

25.6Km restantes.

d) Instalación del sistema de semáforos sincrónicos.

3.- El "Plan de Transporte de Superficie".

Consiste en la implantación de una red de autobuses que racionalice las 334 rutas actuales en sólo 76, bajo el concepto reticular de los Ejes Viales. La red estará complementada por rutas de trolebuses, autobuses expresos, microbuses y transportes escolares, con base en una política social que garantice la disponibilidad e incrementa la eficiencia y agilidad del servicio. Dentro de este renglón se contemplan también las rutas suburbanas y foráneas que circulan por la ciudad de México.

4.- El "Plan de Estacionamientos".

Pretende que la demanda de este servicio pueda ser satisfecha, en un 90%, con la participación de capital privado, el cual se garantice, mediante un "reglamento de estacionamientos", la reutilización de la inversión. El 10% restante lo cubriría el D.D.F., reglamentando el estacionamiento en la vía pública y creando estacionamientos de apoyo.

Este Plan Rector constituye un importante esfuerzo, en busca de una solución integral a los ancestrales problemas viales y del transporte de la ciudad de México.

VII VOLUMEN DE TRANSITO

Se entiende por volumen de tránsito la cantidad de vehículos de motor que pasa por un punto dado de un camino, en determinada unidad de tiempo. Las unidades con las que generalmente se miden los volúmenes de tránsito son:

vehículos/hora ó vehículos/día

A estas unidades técnicamente se les designa como T.H.M.A., - o sea Tránsito Horario Máximo Anual y T.D.P.A., o sea Tránsito Dia - rio Promedio Anual.

La ejecución de estos primeros estudios técnicos de Ingeniería de Tránsito para conocer los volúmenes de tránsito y darle solución al problema es muy importante ya que permite, entre otras cosas, determinar la composición y volumen del tránsito en un sistema de carreteras; evaluar índices de accidentes; obtener datos útiles que - sirvan para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos; proyectar sistemas de control del tránsito como pueden ser semáforos, pasos a desnivel, etc., elaborar programas de conservación de los caminos; establecer prioridades de construcción; determinar - el tránsito futuro y así determinar los volúmenes de proyecto en - cualquier proyecto que se realice; determinar si un camino es eficiente ó si el volumen máximo de trabajo ha alcanzado la capacidad del - camino y muchas otras aplicaciones en cualquier proyecto de Ingeniería de Tránsito.

Métodos de Aforo.

Existen varios métodos para medir los volúmenes de tránsito y aquí solo se mencionarán algunos de los más utilizados:

1.- Aforo manual que se realiza a través del uso de personal de campo y es muy útil para conocer el volumen de los movimientos direccionales en las intersecciones. Otra ventaja de este método es que permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo y otras características. Este tipo de aforo es necesario cuando se necesitan recuentos durante períodos de tiempo cortos.

Los datos que se obtienen de estos aforos se registran en "formas de campo" elaboradas específicamente para cada aforo en particular. Posteriormente estos datos se pasan a otras formas en donde ya se resumen los datos obtenidos. En la figura 4 se muestra una forma de resumen gráfico de un aforo de tránsito en una determinada intersección.

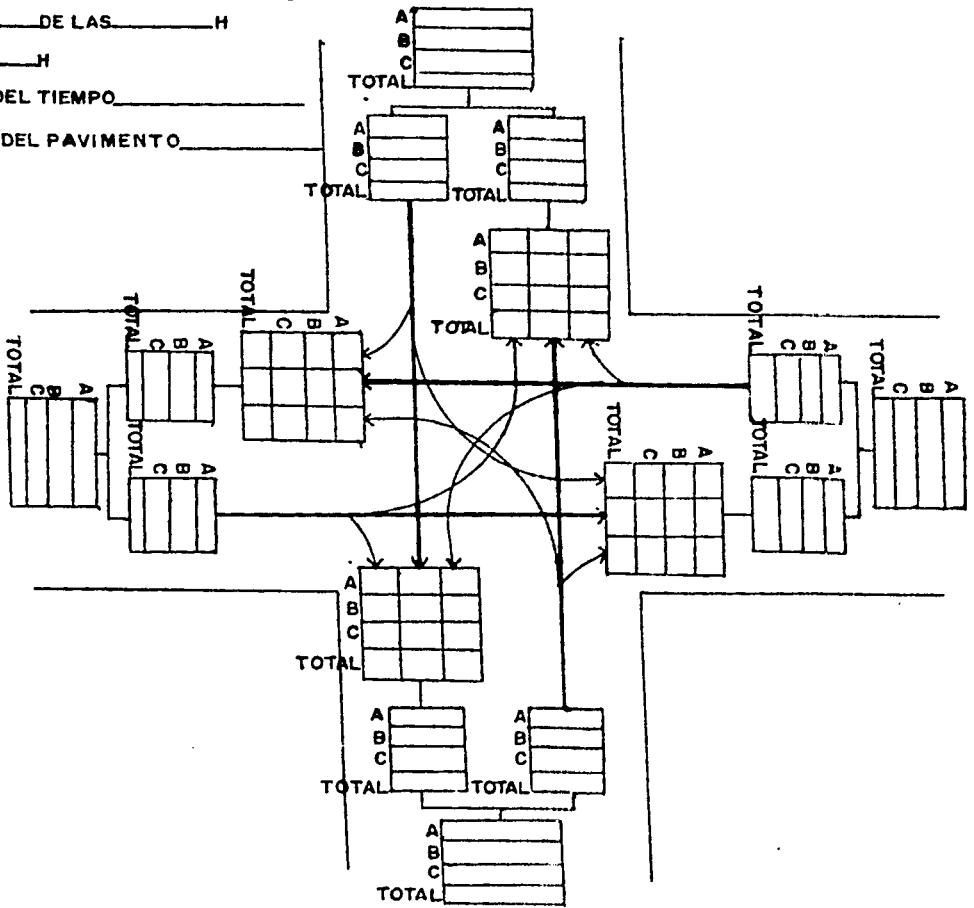
2.- Un dispositivo mecánico que se utiliza para aforar vehículos es el detector neumático que es un tubo atravesado en el camino y al pasar las ruedas de un vehículo sobre el tubo registra el paso del vehículo. En este dispositivo hay que hacer un ajuste al considerar el paso de un determinado porcentaje de camiones de tres o más ejes.

3.- Otros dispositivos utilizados para aforar vehículos son: contacto eléctrico, equipo fotoeléctrico, radar, detector magnético, ondas ultrasónicas, etc.

Todos estos dispositivos mecánicos se utilizan para hacer -

FIGURA 4

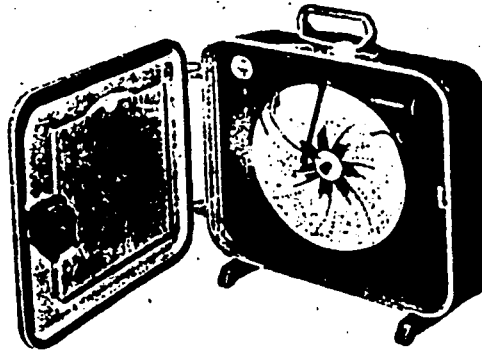
CRUCE DE _____
 CON _____
 DURACION _____ DE LAS _____ H
 A LAS _____ H
 ESTADO DEL TIEMPO _____
 CONDICIONES DEL PAVIMENTO _____



AFORO DE VEHICULOS
 HOJA DE RESUMEN GRAFICO
 (RECUENTO DE VOLUMENES DIRECCIONALES)

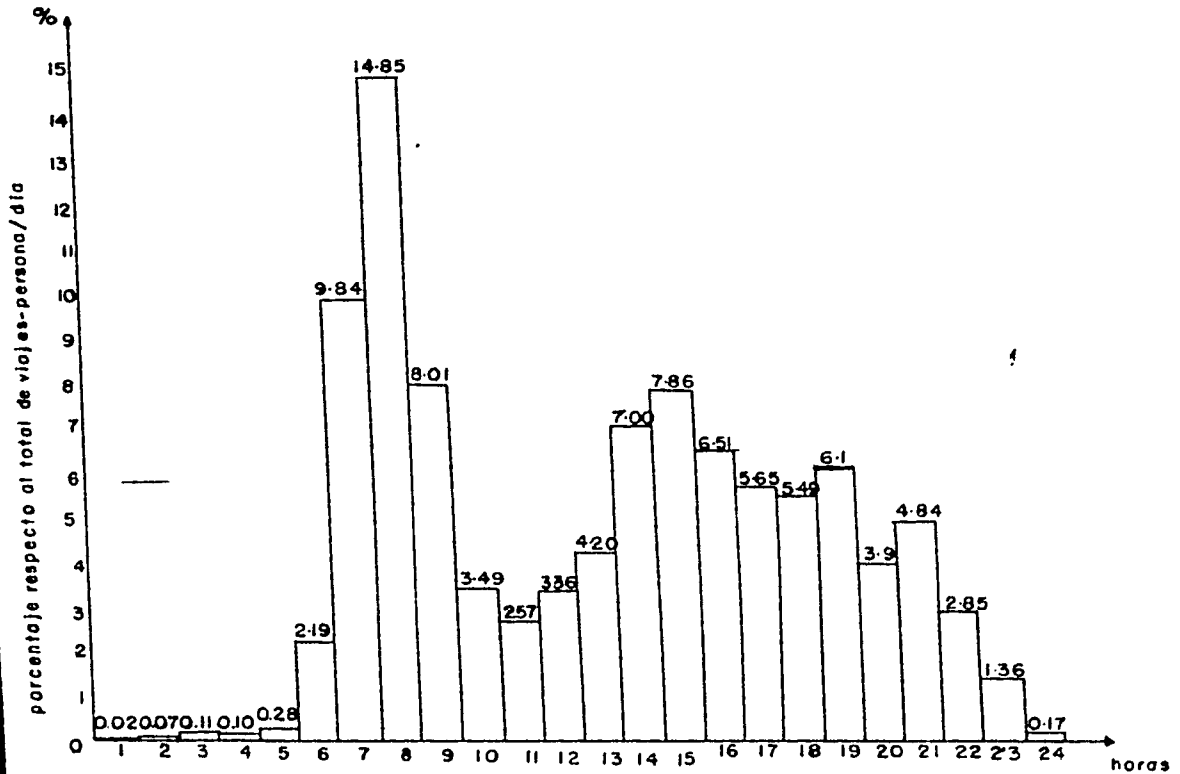
aforos permanentes de volúmenes de tránsito. Otro estudio es el de "Recuento en Cordón" que permite conocer los volúmenes de tránsito que entran y salen en una zona determinada y son usados como parte de un estudio de origen y destino.

Como complemento de los dispositivos mecánicos para aforar volúmenes de tránsito, existen dispositivos de registro que permiten llevar un registro gráfico de los volúmenes de tránsito que pasan por un punto dado. Uno de los más comunes es el contador de gráfica tipo circular.



Mediante estos dispositivos gráficos se puede obtener la variación horaria de volúmenes y a partir del contador de gráfica tipo circular se puede pasar a una gráfica donde se puede ver la variación horaria de volúmenes en el sitio donde se efectúe el estudio y así se podrá determinar la Máxima Demanda Horaria del cruce o del punto del camino donde se realice el aforo.

GRAFICA I



La Gráfica 1 nos dá la variación horaria en la realización de viajes persona/día, y se pone a manera de ejemplo para ver un caso real.¹ Si se quiere tener la variación horaria de volúmenes en las ordenadas se graficarían los valores máximos de tránsito horario, o sea los máximos valores del número de vehículos que se afore por cada hora en el sitio en que se haga el estudio. Inclusive, estos vo

1 Fuente: Comisión de Vialidad y Transporte Urbano-D.D.F. Estudios de Origen y Destino. México, D. F. 1980.

lúmenes de tránsito se podrían graficar indicando la composición del tránsito marcando cuántos vehículos son autobuses, cuántos camiones- y cuántos automóviles.

Cuando se hacen aforos permanentes, principalmente en las carrreteras, al graficar los datos que se obtienen a partir de estas mediciones se puede ver la variación diaria de volúmenes. Esto se hace graficando el número de vehículos en la hora de más tránsito, que se obtiene a partir de la gráfica de variación horaria de volúmenes, contra los días del año y al igual que en el caso anterior esta gráfica se podría hacer indicando la composición del tránsito. Esta varia- -ción horaria de volúmenes si se hace para todo el año se le podría -llamar variación anual y en el medio rural va a variar según el tipo de ruta que se trate. Así, por ejemplo, en una ruta del tipo agrícola- en la época de cosecha se presentan grandes volúmenes de tránsito y- en una ruta de tipo turístico como puede ser la autopista México- -Cuernavaca los sábados y domingos se presentan volúmenes extraordinarios. También en las rutas de tipo turístico y en general en la mayoría de los caminos del país, durante las vacaciones de Semana Santa- los volúmenes de tránsito aumentan considerablemente. Así, a partir- de estas observaciones que se hacen con base a los estudios de volú- menes de tránsito, en un momento dado se pueden tomar medidas preven- tivas y así disminuir los accidentes que se presentan en gran número en determinadas épocas del año.

En el medio urbano cuando se hacen estudios de volúmenes de tránsito, como por ejemplo en una intersección crítica en la que se quiera mejorar su funcionamiento, se hacen aforos durante 16 horas continuas en cada uno de los accesos del cruce. En este recuento - se toma la totalidad de vehículos que componen el volumen de tránsito con el propósito de conocer las horas en que se presentan los volúmenes máximos. (Variación horaria de volúmenes); Este recuento generalmente se hace de las 7 a las 23 horas. Se hacen observaciones para determinar los movimientos y composición del tránsito y se establecen los días de máxima demanda. Ya que se determina la hora de máxima demanda, para esta se hacen los recuentos de volúmenes direccionales haciéndose el resumen que se presenta en la figura 4.

Volúmen de Proyecto.-

El volumen de proyecto es el volumen de tránsito que se utiliza en cualquier proyecto de vialidad tomando siempre en cuenta el factor económico.

Los volúmenes de proyecto son diferentes en zona urbana y - en zona rural.

En el medio urbano para poder ver lo que sucederá en el sitio en que se está haciendo el estudio se hace un pronóstico de volúmenes de tránsito. Para ello se aplica la fórmula de interés compuesto relacionando el crecimiento porcentual de volúmenes de tránsito con el número de años transcurridos.

$$V_n = V_o (1+A)^n$$

Donde: V_n = Volúmen pronóstico en "n" años.

V_o = Volúmen actual

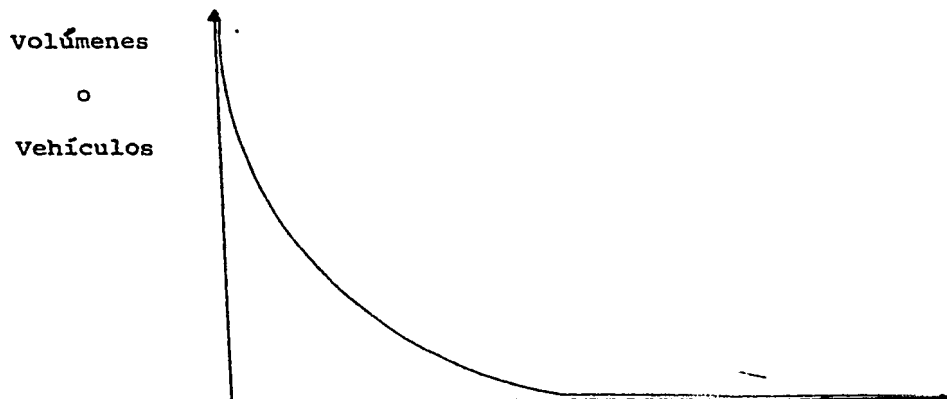
A = Factor de crecimiento (tasa de interés anual)

n = Número de años para los cuales se quiere hacer el pronóstico.

La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR) considerando el incremento vehicular y el incremento poblacional ha fijado un porcentaje de crecimiento de volúmenes de tránsito del 7% - anual.

Los volúmenes de tránsito pronosticados siempre van a estar limitados por la capacidad del camino, por lo que se deberá considerar como volúmen de proyecto al volúmen máximo que es posible que circule por el camino antes y después del sitio de estudio como puede ser un crucero por ejemplo.

Cuando se hacen aforos permanentes y se conoce el tránsito diario promedio anual (T.D.P.A.) se podrían graficar los volúmenes de tránsito horario que se presentan en el año en forma decreciente quedando una gráfica similar a la siguiente curva:



Horas de máximo volumen en el año en orden decreciente.

Con esta gráfica se pueden determinar los volúmenes de tránsito para la 1a, 2a, 3a, etc., hora, y a partir de aquí, para fines de proyecto, se usa como volumen de proyecto al volumen de tránsito que se tiene para la 30va hora.¹ Este volumen de proyecto se utiliza en los Estados Unidos de América, pero en México se utiliza el volumen de tránsito de la 45ava. hora. Esto es variable de acuerdo a la administración, política y presupuesto de cada país. Si se usara como volumen de proyecto la hora de máxima demanda de todo un año resultaría antieconómico.

¹ "Traffic Engineering Handbook" Institute of Traffic Engineers. Washington, D.C. 1965.

Estos volúmenes de proyecto se utilizan normalmente en carreteras.

En la Figura 5 se puede observar un mapa de la ciudad de México donde aparecen los volúmenes de tránsito más altos que normalmente se registran en las calles de la Ciudad. Estos volúmenes corresponden a los que se obtuvieron en la máxima demanda horaria que es de las 7 a las 9 horas como se pudo observar en la Gráfica 4. Esto se debe principalmente a que estas horas son las de entrada a la escuela y a los trabajos. En este mapa se observa que los volúmenes más altos se presentan en las arterias que tienen mayor capacidad que son principalmente las calzadas de muchos carriles y las vías de acceso controlado mientras que en el centro los volúmenes de tránsito parecen ser bajos pero esto se debe a que hay calles muy estrechas y se observó que durante varias horas del día las calles del centro están trabajando saturadas.¹

1 Estudios de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbana-D.D.F. México, D.F. 1980

VOLUMENES DE TRANSITO EN 1980

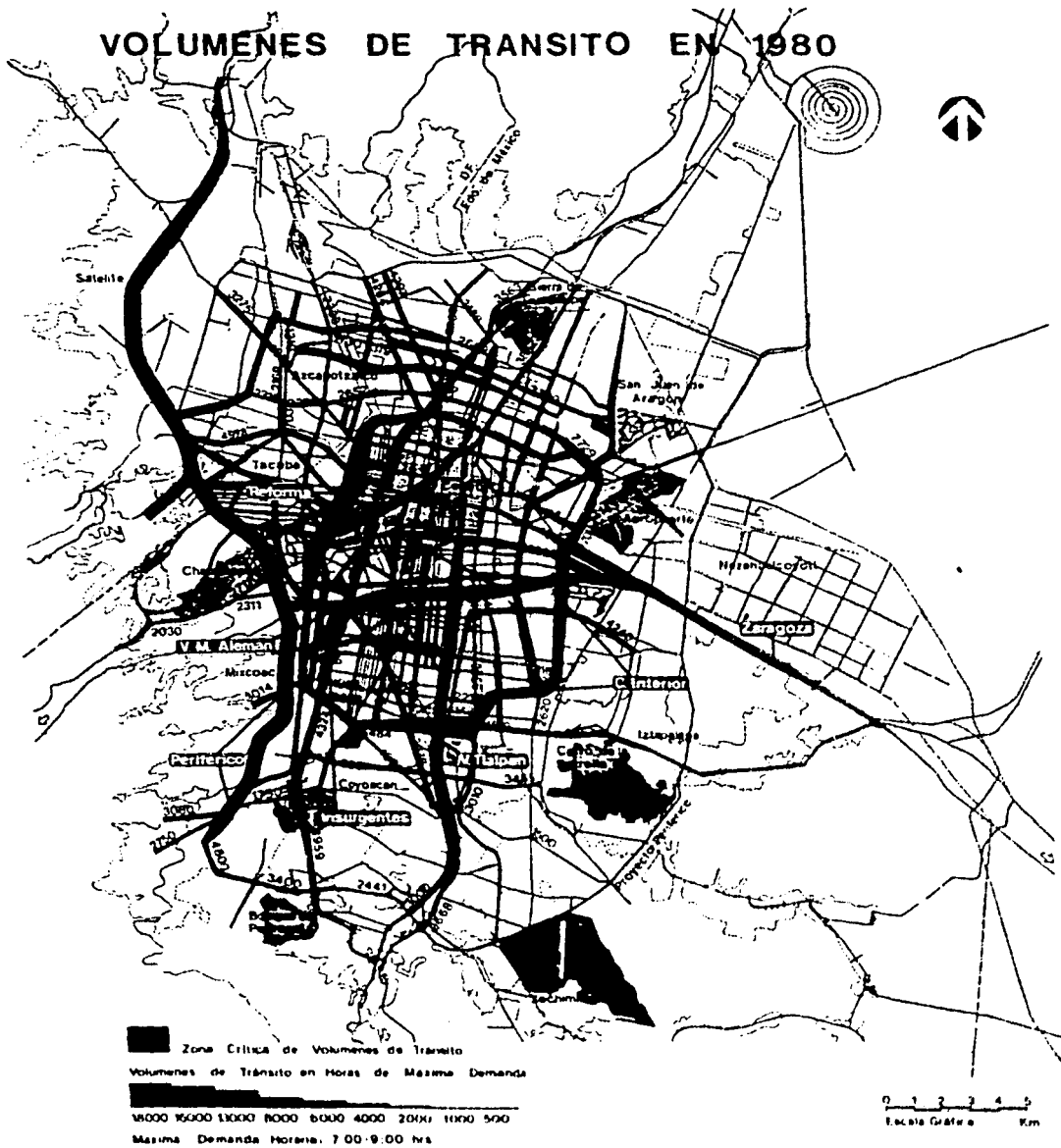


FIGURA 5 (5)

VIII VELOCIDAD

La velocidad es la relación que existe entre una distancia recorrida y el tiempo que se emplea en recorrerla. Esta relación queda expresada por la siguiente fórmula, ya ampliamente estudiada.

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v = velocidad

d = distancia

t = tiempo

A través de la Historia se ha observado que el hombre siempre ha buscado moverse a una mayor velocidad ya sea por sí mismo o en algún medio de locomoción. Así, se ha visto que en el medio de locomoción que nos interesa, que es el vehículo, se ha adelantado a los caminos que se construyen y en estos no se pueden alcanzar las velocidades ni desarrollar las potencias que ofrecen los vehículos. Por ello, la velocidad es un parámetro muy importante en cualquier proyecto de Ingeniería de Tránsito y debe ser estudiada, regulada y controlada ya que en caso contrario puede originar muchos conflictos en el conductor y afectar cualquier proyecto de vialidad.

Los estudios de velocidad que generalmente se hacen son: estudios de velocidad de punto y estudios de tiempo de recorrido.

El tiempo de recorrido va a estar en función de la velocidad como se puede ver en la formula de $v = \frac{d}{t}$ y a mayor velocidad el tiempo

po de recorrido es menor. Sin embargo, esto es relativo y en base a estudios se ha podido observar que los ahorros en tiempo de recorrido son menores al aumentar la velocidad pudiendo llegar a considerarse despreciables. Esto se puede ver más claro en la tabla siguiente:

TABLA 7¹

Para un viaje de 150 Km				Para un viaje de 400 Km			
Velocidad (Km/hora)	Tiempo (horas)	Ahorro de tiempo	Total ahorrado	Velocidad (Km/hora)	Tiempo (horas)	Ahorro de tiempo	Total ahorrado
20	7.50	-	-	20	20.00	-	-
30	5.00	2.50	2.50	30	13.33	6.67	6.67
40	3.75	1.25	3.75	40	10.00	3.33	10.00
50	3.00	0.75	4.50	50	8.00	2.00	12.00
60	2.50	0.50	5.00	60	6.68	1.32	13.32
70	2.141	0.359	5.359	70	5.72	0.96	14.28
80	1.875	0.266	5.625	80	5.00	0.72	15.00
90	1.666	0.209	5.834	90	4.44	0.56	15.56
100	1.500	0.166	6.000	100	4.00	0.44	16.00
110	1.363	0.137	6.137	110	3.64	0.36	16.36
120	1.233	0.130	6.267	120	3.33	0.31	16.67
130	1.150	0.083	6.350	130	3.08	0.25	16.92
140	1.070	0.080	6.430	140	2.86	0.22	17.14
150	1.000	0.070	6.500	150	2.67	0.19	17.33

En esta tabla se puede observar que para un viaje de 150 Km, al aumentar la velocidad de 20 Km/hora a 100 Km/hora representa un ahorro de tiempo de 6 horas, pero si se aumenta la velocidad de 100 km/hora a 150 Km/hora solo se tendrá un ahorro de tiempo de media ho

ra.

Por otra parte, en un viaje de 400 Km, si se aumenta la velocidad de 20 Km/hora a 100 Km/hora se tiene un ahorro de tiempo de 16 horas y si se aumenta la velocidad de 100 Km/hora a 150 Km/hora se tiene un ahorro de tiempo de 1.33 horas. Sin embargo, en base a estudios que se han realizado se ha llegado a la conclusión de que el hombre se mueve dentro de áreas muy reducidas, llevando a cabo su vida en un medio de distancias cortas. Así por ejemplo, en la Tabla 8 se puede observar que el 80% de los camiones foráneos que salen del D.F. al igual que el 80% de los pasajeros no van a destinos más allá de 200 Km. También en base a dichos estudios se ha observado que el mayor porcentaje de los viajes urbanos diarios son de distancias que van de 10 a 15Km.

Todo lo anterior nos lleva a la conclusión de que las altas velocidades no pintan en zonas urbanas y por esta razón se deben establecer límites de velocidades y así, por ejemplo las autopistas urbanas en México se proyectan para velocidades no mayores de 80 Km/hora.

En carreteras se proyecta para velocidades de 110 Km.

Otras razones por las que se deben establecer límites de velocidades son las siguientes:

- Si se aumentan las velocidades de proyecto se pierde capacidad en el camino.
- Si se reducen las velocidades de proyecto disminuye el índice de accidentes.

TABLA 8 (1)

Kilómetros recorridos	C O R R I D A S		TOTAL DE PASAJEROS	
	En servicios de la, 2a y mixto		En servicios de la, 2a y mixto	
	Total	%	Total	%
1 - 100	2580	61.78	80530	60.08
101 - 200	803	19.23	27980	20.87
201 - 300	67	1.60	2105	1.58
301 - 400	156	3.76	4925	3.67
401 - 500	237	5.68	7685	5.73
501 - 600	90	2.16	2910	2.17
601 - 700	100	2.39	3210	2.39
701 - 800	19	0.46	785	0.58
801 - 900	16	0.38	540	0.40
901 - 1000	13	0.31	425	0.32
1001- 1100	14	0.32	450	0.34
1101- 1200	4	0.10	140	0.10
1201- 1300	23	0.60	730	0.54
1301- 1400	16	0.32	550	0.42
1401- 1500	4	0.10	140	0.10
1501- 1600	0	0.00	0	0.00
1601- 1700	0	0.00	0	0.00
1701- 1800	0	0.00	0	0.00
1801- 1900	0	0.00	0	0.00
1901- 2000	0	0.00	0	0.00
2001 ó más	28	0.67	940	0.70
SUMAS	4170	100.00	134045	100.00

- Al aumentar las velocidades de proyecto se requieren mejores condiciones geométricas del camino y se requiere un mejor alineamiento horizontal y vertical lo cual se va a traducir en inversiones económicas mucho mayores.

VELOCIDAD DE PUNTO

Se considera como velocidad de punto a la velocidad de los vehículos que prevalece en un punto dado de un camino en un tramo de camino de longitud relativamente corto. Los estudios de velocidad de punto generalmente se realizan para determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tránsito, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad. Estos estudios de velocidad de punto también van asociados a detalles de los proyectos de vialidad, accidentes y otras características operacionales.

Hay varias formas para medir las velocidades de punto y una muy sencilla y económica es midiendo cuánto tarda un vehículo en recorrer un pequeño tramo de camino medido previamente. Así, en hojas de campo se van anotando los registros que se hacen. Estas mediciones de velocidades se le hacen a una muestra más o menos grande y posteriormente se le da un tratamiento estadístico.

A manera de ejemplo se presenta un estudio de velocidades efectuado por la Compañía "Planificación, Estudios y Obras, S. de R. L." para presentar un anteproyecto geométrico de paso a desnivel en la intersección Av. Chapultepec-Bucareli.

En el tramo Bucareli-Cuauhtémoc de esta intersección se marcó y se midió un tramo de 200m para hacer el estudio. Con la distancia y el tiempo recorrido se sacaron las velocidades de recorrido, que por-

ser en un tramo muy pequeño se pueden considerar como velocidades de punto.

El tamaño de la muestra fué de 109 vehículos que es aceptado por el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Los datos obtenidos se agrupan en intervalos de clase obteniéndose así la Tabla 9.

TABLA 9

V E L O C I D A D E S	
Intervalo de clase (Km/h)	Número de vehículos
5.0 - 7.0	18
7.0 - 9.0	17
9.0 - 11.0	26
11.0 - 13.0	13
13.0 - 15.0	14
15.0 - 17.0	6
17.0 - 19.0	2
19.0 - 21.0	1
21.0 - 23.0	4
23.0 - 25.0	0
25.0 - 27.0	0
27.0 - 29.0	1
29.0 - 31.0	2
31.0 - 33.0	2
33.0 - 35.0	1
35.0 - 37.0	0
37.0 - 39.0	2
	= 109

A estos datos agrupados se les da el tratamiento estadístico-haciendo una tabla con la distribución de frecuencia de las velocidades. Para esto se eligió un intervalo de clase de 2 Km/h., obteniéndose

se 17 intervalos. Se tabularon las frecuencias relativas (observadas) y las frecuencias acumuladas y todo esto aparece en la Tabla 10

TABLA 10

Intervalo Km/h	Punto Medio	Frecuencia Observada		Frecuencia Acumulada		Fixi	Fixi ²
	Xi	Fi	%	Fi acum	%acum		
5.0 - 7.0	6.0	10	16.5	18	16.5	108	648
7.0 - 9.0	8.0	17	15.6	35	32.1	136	1088
9.0 - 1.0	10.0	26	23.9	61	56.0	260	2600
11.0 - 13.0	12.0	13	11.9	74	67.9	156	1872
13.0 - 15.0	14.0	14	12.8	88	80.7	196	2744
15.0 - 17.0	16.0	6	5.5	94	86.2	96	1536
17.0 - 19.0	18.0	2	1.8	96	88.1	36	648
19.0 - 21.0	20.0	1	0.9	97	89.0	20	400
21.0 - 23.0	22.0	4	3.7	101	92.7	88	1936
23.0 - 25.0	24.0	0	0	101	92.7	0	0
25.0 - 27.0	26.0	0	0	101	92.7	0	0
27.0 - 29.0	28.0	1	0.9	102	93.6	28	784
29.0 - 31.0	30.0	2	1.8	104	95.4	60	1800
31.0 - 33.0	32.0	2	1.8	106	97.2	64	2048
33.0 - 35.0	34.0	1	0.9	107	98.2	34	1156
35.0 - 37.0	36.0	0	0	107	98.2	0	0
37.0 - 39.0	38.0	2	1.8	109	100.0	76	2888
Suma	Σ Xi =	109	100.0			1358	22148

Con los datos obtenidos en esta tabla se calcularon dos parámetros estadísticos muy importantes que están asociados con el problema de tránsito, como son la Media Aritmética y la Desviación Estándar.

La media aritmética para datos agrupados se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\bar{X}_v = \frac{\sum F_i X_i}{\sum F_i}$$

donde: \bar{X}_v = Velocidad Media

F_i y X_i son la frecuencia y la marca de clase y $\sum F_i$ es la suma de las frecuencias para todas las clases.

$$\bar{X}_v = \frac{1358}{109} = 12.5 \text{ Km/h.}$$

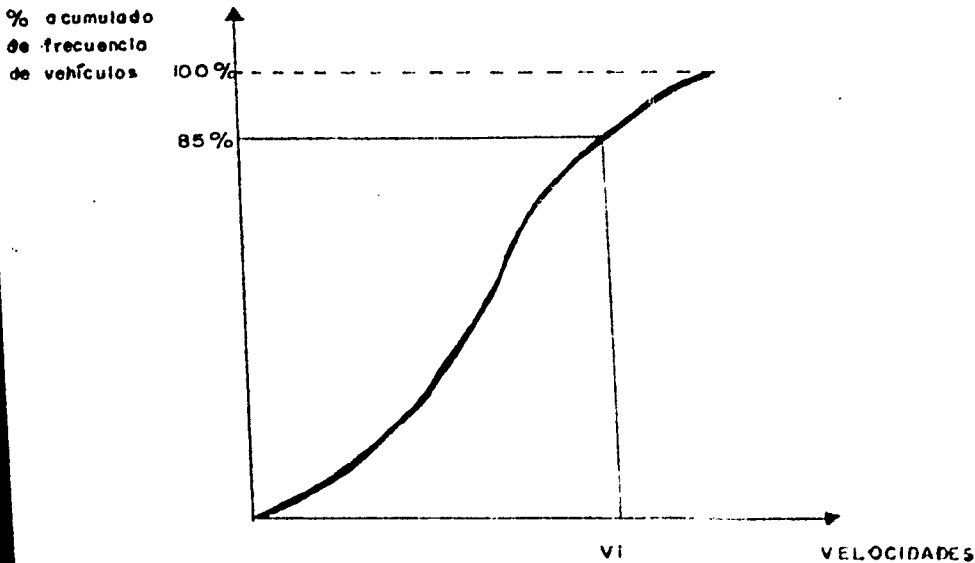
La desviación estándar se calculó con la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum F_i X_i^2 - \frac{(\sum F_i X_i)^2}{\sum F_i}}{\sum F_i - 1}}$$

Así, sustituyendo:

$$s_v = \sqrt{\frac{22148 - \frac{(1358)^2}{109}}{109}} = 7 \text{ Km/h.}$$

Si se grafica el porcentaje acumulado de frecuencia de vehículos contra la frontera superior de los intervalos de clase se obtiene una curva de este tipo:



La velocidad correspondiente al "85 porcentual" (V_i) se fija como velocidad límite o velocidad de proyecto en el medio urbano si no hay muchos accidentes para esta velocidad. También se toma el "85-porcentual" como velocidad de proyecto porque la desviación estandar es muy grande. Dicho valor servirá posteriormente para hacer los estudios de "antes y después" que para el caso del ejemplo presentado anteriormente servirá para comparar las velocidades de "antes y después" de hacer la modificación al cruce y así, determinar las mejoras en cuanto al aumento de velocidad media. En dicho estudio se obtuvieron los siguientes valores para el Tramo Bucareli Cuauhtémoc:

Velocidad Media	Desviación Estándar	Valor Velocidad en el 85 porcentual
12.5 Km/h	7.0 Km/h	16.4 Km/h

Otros datos importantes en los estudios de velocidad son:

$$\text{Velocidad de recorrido total} = \frac{\text{Distancia total recorrida}}{\text{Tiempo total de recorrido}}$$

$$\text{Velocidad de cruce} = \frac{\text{Distancia total recorrida}}{\text{Tiempo de recorrido} - \text{Tiempo en que el vehículo estuvo detenido.}}$$

La velocidad de recorrido total en el Metro de la ciudad de México es de alrededor de 35 Km/h, que es lo mejor que hay en la ciudad en el medio de transporte urbano.

En estudios efectuados por el Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal se observó que "la velocidad promedio del área urbana es menor a 20 Km/h y en las horas de máxima demanda, en las zonas más congestionadas, es hasta de 4 Km/h, lo cual ocasiona la pérdida-

de 3'146,000 horas-hombre/día, la desarticulación de las líneas de transporte público, el gasto excesivo de combustibles, contaminación ambiental y la sobreutilización, en horas de máxima demanda, de auto bús y metro". (1)

En la figura 6 se presenta un mapa del D.F., donde se obser van las zonas con velocidades críticas de circulación que se obtuvie ron en un estudio efectuado por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del D.D.F.

1 Departamento del Distrito Federal. "Plan de Desarrollo Urbano", Versión abreviada. 1980. Pag. 32.

ZONAS CON VELOCIDADES CRÍTICAS DE CIRCULACION

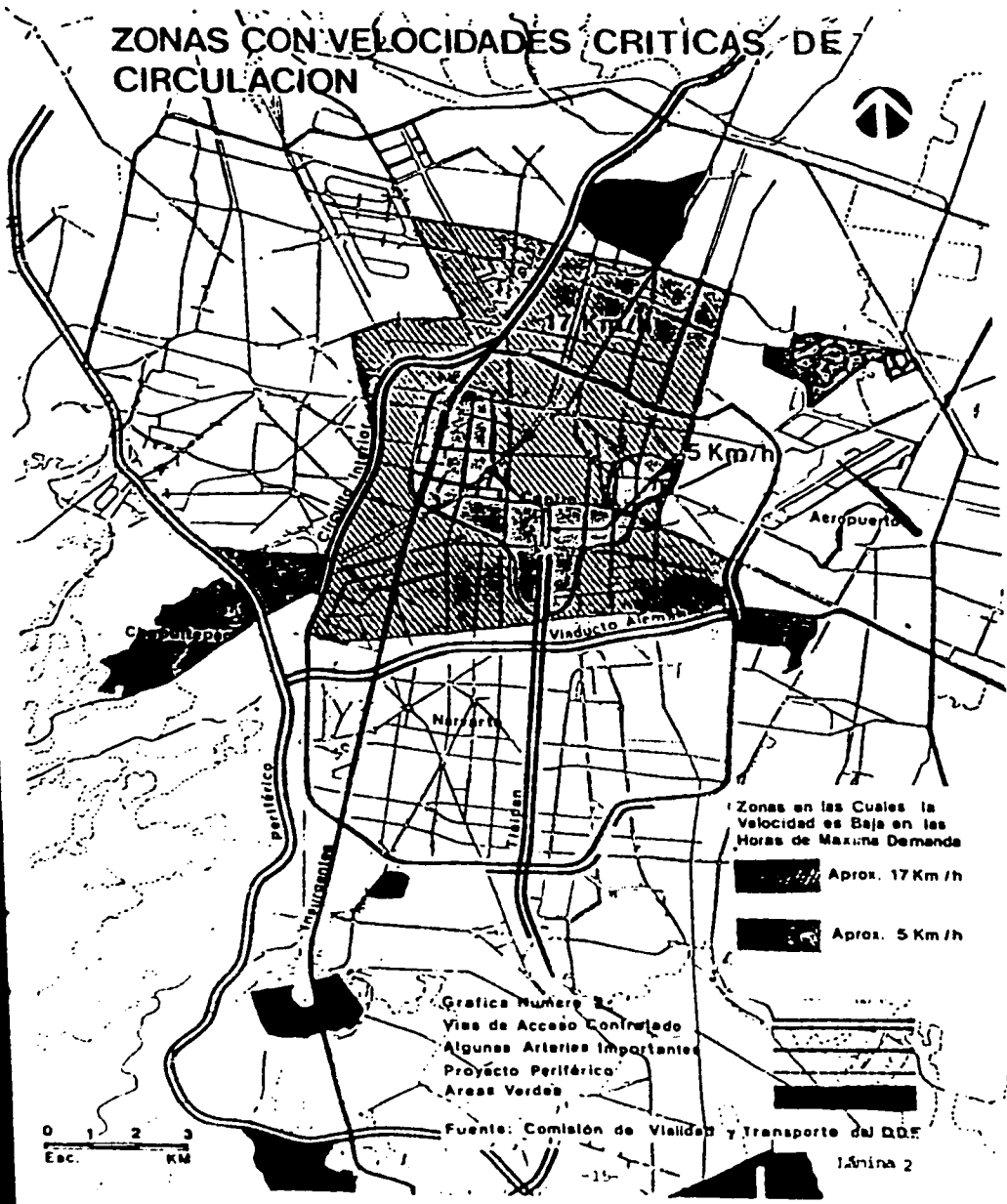


FIGURA 6 (5)

IX CONGESTIONAMIENTO

Como se dijo en capítulos anteriores los efectos del problema de tránsito y por consiguiente la forma de medir la deficiencia del tránsito son los siguientes factores: accidentes y congestiónamiento.

Se puede considerar al congestiónamiento como sinónimo de saturación, movimiento deficiente y pérdida de velocidad.

Para medir el congestiónamiento se hacen estudios de velocidad y demoras obteniendo el tiempo de recorrido y tiempo de demora.

MÉTODOS DE MEDICION

Son básicamente 3 los métodos para medir las velocidades y las demoras y por lo tanto el congestiónamiento:

1.- Método de Observaciones a Cierta Altura.- Consiste en colocarse como observador en un sitio elevado, como un edificio por ejemplo, y después de determinar en un trayecto un tramo midiendo perfectamente su longitud (varias cuadras) se miden los tiempos de recorrido de los vehículos en la corriente de tránsito. Para esto, con un cronómetro se mide el tiempo total que emplea el vehículo en recorrer dicho tramo y a la vez con otro cronómetro se va midiendo el tiempo que el vehículo tenga que estar detenido por cualquier causa (tiempo de demoras).

2o.- Método que se denomina "Flotando en el Tránsito".- Es igual que el anterior en cuanto al tramo, sólo que en este caso el observador también va en un vehículo en la corriente de tránsito y mide su tiempo.

po de recorrido total y su tiempo de retardo.

30.- Método denominado "Mediciones Dentro de la Corriente".- En este método al igual que en el anterior el observador también forma parte de la corriente de tránsito sólo que en este caso no se mide a sí mismo los tiempos de recorrido y de retardo sino que lo hace en algún vehículo o vehículos más cercanos a él que escoja, haciendo el recorrido varias veces.

En cualquier método es necesario que el número de mediciones que se haga sea el mayor posible de tal forma que se pueda sacar un promedio y determinar un término medio de las condiciones de tránsito.

Con los datos obtenidos se podrá determinar qué calles están en condiciones más críticas, o sea de qué magnitud es el congestionamiento.

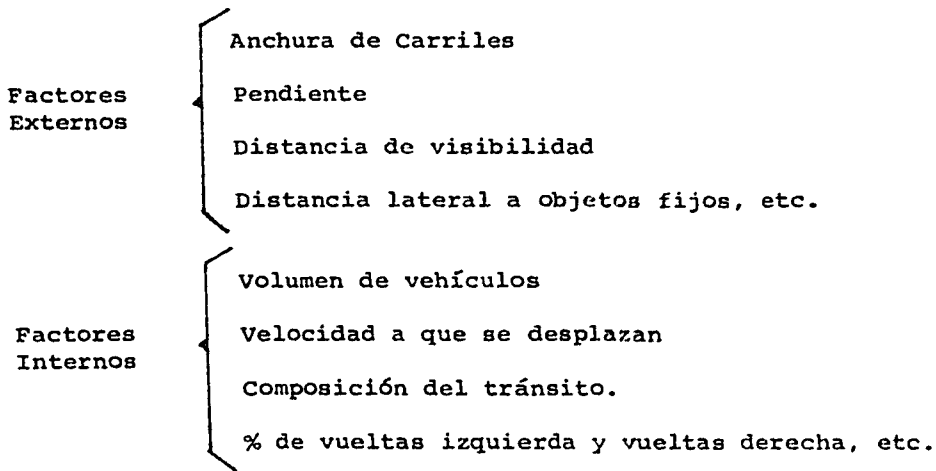
DEMORAS

Las principales causas de demoras son los dispositivos para control del tránsito, el control ejercido por un agente de tránsito y los ocasionados por la misma corriente de tránsito.

En base a estudios que se han hecho se ha llegado a la conclusión de que la principal causa de demora en la ciudad es la ocasionada por los semáforos y que cuando hay una buena coordinación de semáforos se logra reducir esta causa principal de demoras como se verá posteriormente en el capítulo correspondiente.

X CAPACIDAD VIAL

Se denomina como capacidad vial al número máximo de vehículos que puede pasar por unidad de tiempo y por carril, pero bajo determinadas condiciones del camino y del tránsito. Estas condiciones van a estar dadas por factores que afectan la capacidad vial y que pueden ser de dos tipos:



Los factores externos se refieren básicamente a las características físicas del camino mientras que los internos ya se refieren al comportamiento del tránsito.

Por medio de los estudios de capacidad vial se puede conocer la calidad del flujo y ésta se mide con un concepto denominado Nivel de Servicio. En base a estudios realizados por la Junta de Investigación Vial en los Estados Unidos se fijaron seis niveles de servicio - cuyas características se pueden observar en la Tabla 11.

TABLA 11

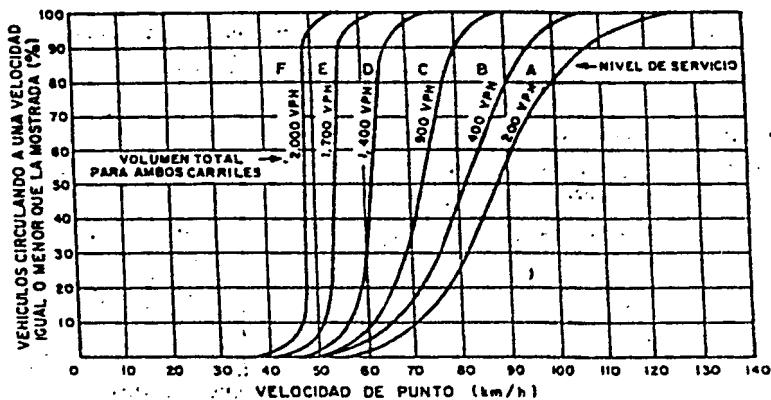
Nivel de Servicio	Flujo	Volumen	Velocidad	Maniobras
A	Libre	Bajo	Alta	Libres
B	Estable	Moderado	Tiene algo de restricciones.	Libertad razonable.
C	Estable	Medio	Moderada	Restringidas
D	Cerca de - flujo inestable	Alto	Tolerable	Poca Libertad
E	Inestable	Máximo (capacidad)	Cerca de 50Km/h	Limitadas con paradas
F	Forzado	Menor que la capacidad.	Bajas	Hay congestiones

Siempre que se hace un proyecto de vialidad hay que proyectar para un determinado nivel de servicio aceptable. El Nivel de Servicio "B" es el utilizado para fines de proyecto en el medio urbano y en carreteras se utiliza el "C".

A cada nivel de servicio le va a corresponder un volumen de servicio, que será el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que circulará mientras se conserve dicho nivel de servicio.

En la Gráfica 2 se puede observar el resultado de un estudio efectuado por la Oficina de Caminos Públicos de EE.UU. en combinación con otros estudios, y se observa la distribución típica de velocidades de automoviles bajo condiciones ideales de flujo continuo en carrete -

ras de dos carriles así como el número aproximado de vehículos que -
circulan para cada Nivel de Servicio bajo las mismas condiciones idea
les de flujo continuo.

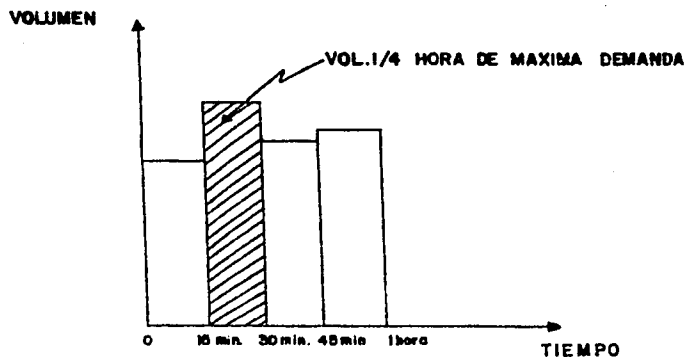


Gráfica 2

Los factores internos son función del tránsito por lo que -
son variables y se deben medir en la hora de máxima demanda. Dos fac
tores internos muy importantes son:

1) Factor de Hora máxima.- Es un factor que se aplica por que en la -
hora de máxima demanda no existe una distribución uniforme del flujo
de vehículos. Este factor está dado por la fórmula que sigue:

$$\text{Factor de hora máxima} = \frac{\text{Volumen en la hora de máxima demanda}}{\text{Volumen de 1/4 hora de máxima demanda} \times 4}$$



2) Factor de Carga.- Este factor se utiliza en intersecciones controladas por semáforos y está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{No. de fases verdes cargadas}}{\text{No. total de fases verdes}} \quad (\text{ en una hora })$$

Por el número de fases verdes cargadas en un semáforo se entiende al número de fases del semáforo en una hora en que están pasando vehículos durante todo el tiempo que dura la fase verde.

El número total de fases verdes, son todas las fases verdes del semáforo en una hora sin importar si circulan o no vehículos.

Otros factores que se consideran para el análisis de capacidad ya sea en carreteras o calles son los siguientes:

Tamaño del Area Metropolitana

Ubicación dentro del Area Metropolitana

Porcentaje de Camiones.

Porcentaje de Autobuses

ANALISIS DE CAPACIDAD

Los estudios de análisis de capacidad de un camino tienen como principal objetivo determinar el nivel de servicio al que está funcionando algún tramo, o bien, determinar el volumen que puede admitirse dentro de cierto nivel de servicio. También sirven dichos estudios para pronosticar con qué volúmenes y en cuánto tiempo se va a llegar a la capacidad en algún tramo de camino.

El número de vehículos por unidad de tiempo que puede circular por el camino está en función del nivel de servicio y como se mencionó anteriormente se le denomina volumen de servicio. Conforme este volumen aumenta el nivel de servicio va siendo de menor calidad hasta que se llega al nivel de servicio "E" que es la capacidad del camino. Después aunque se registran condiciones más desfavorables como en el nivel de servicio "F", ya no se aumenta el volumen de servicio sino disminuye.

Los dos factores más importantes utilizados para determinar el nivel de servicio son la velocidad y la relación entre el volumen y la capacidad; esta relación se identifica como $\frac{v}{C}$ y el volumen puede ser el volumen de servicio o el volumen de demanda. Cuando se conoce la demanda y la capacidad y se desea determinar el nivel de servicio, la v es el Volumen de demanda y si se conoce la capacidad y se especifica un determinado nivel de servicio se trata del volumen de servicio posible con el nivel determinado. Así, la capacidad vial en condiciones ideales para caminos de dos carriles es de 2,000 vehículos/hora-

en ambos sentidos y para caminos de carriles múltiples es de 2,000 vehículos/hora por carril en un sentido.

La capacidad de un camino es muy variable según sean las condiciones físicas del camino o las condiciones del tránsito, por ello, los análisis de capacidad vial se hacen aislando la parte del camino que se quiera analizar como por ejemplo un tramo recto, un tramo con pendientes, el acceso a una intersección, tramo de entrecruzamiento, -rampa de enlace, etc.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN TRAMOS RECTOS.

Para hacer el análisis de capacidad vial en tramos rectos el Manual de Capacidad Vial 1965 da las siguientes recomendaciones: (1)

- 1) Se debe subdividir el tramo del camino en subtramos razonablemente uniformes así como identificar por separado cualquier punto que pueda representar una condición crítica para la capacidad.
- 2) Se determina en cada subtramo y puntos críticos la capacidad, el volumen de demanda y la relación de volumen a capacidad. La Capacidad se calcula aplicando los coeficientes de reducción correspondientes a los factores mencionados anteriormente, a la capacidad ideal también-enunciada anteriormente.
- 3) Para cada subtramo se usa la relación V/C para determinar la velocidad de operación. Esta se obtiene de las tablas o curvas que relacionan la velocidad y el volumen, tomando en cuenta el tipo de camino. Si se desea, con estos datos se podrá determinar el nivel de servicio para cada subtramo.

4) Se determina el nivel de servicio general para los varios subtramos combinados. Primero se calculan los promedios de las velocidades de operación y de las relaciones V/C para todo el tramo. Se usan promedios para determinar el nivel de servicio general para el tipo de carretera.

5) Se revisan las relaciones V/C más críticas del tramo para asegurarse que no se ha excedido la capacidad en ningún punto.

Cabe hacer notar que los coeficientes de reducción correspondientes a los factores que afectan la capacidad vial han sido determinados empíricamente las más de las veces para condiciones específicas de la vialidad en los Estados Unidos pero han sido utilizados en otros países con resultados muy positivos.

El volumen de servicio para carreteras de dos carriles se calcula con la siguiente fórmula:

$$VS = 2,000 (V/C) \times W \times T \times B$$

Donde:

VS= Volumen de servicio, en vehículos/hora, total para ambos sentidos.

V/C = Relación volumen capacidad, obtenida en la tabla que relaciona los niveles de servicio y el volumen de servicio.

W = Factor de ajuste por anchura de un carril y por claro lateral libre, obtenido de la tabla 12

T = Factor de ajuste por camiones, obtenido de la tabla 13 ó de la combinación de las tablas 14 y 15 ó 16 y 15.

B = Factor de ajuste por autobuses, obtenido de las tablas 14 y 15

6 17 y 15

La fórmula utilizada para carreteras de cuatro carriles o más es la siguiente:

$$VS = 2,000 (V/C) \times N \times W \times T \times B$$

Donde:

VS = Volumen de servicio, en vehículos/hora, para un sentido.

V/C = Relación volumen-capacidad, obtenida en la tabla 18

N = Número de carriles en un sentido.

W = Factor de ajuste por anchura de carril y claro lateral -
obtenido en la tabla 19

T = Factor de ajuste por camiones, obtenido en la tabla 20 ó
la combinación de las tablas 21 y 22 ó 23 y 22

B = Factor de ajuste por autobuses, obtenido en las tablas
24 y 22 ó 21 y 22 *

En los dos casos anteriores el volumen de servicio VS se calcula para un nivel de servicio C que es el de proyecto y el resultante se compara con el volumen horario de proyecto (VHP). El VS deberá ser igual o mayor que el VHP.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES A NIVEL.

Para hacer el análisis de capacidad en intersecciones a nivel hay que considerar las capacidades de todos los accesos de dicha intersección ya que muy pocas veces se encuentran las mismas condiciones en todos los accesos. El análisis de capacidad en intersecciones-

* Nota. - Las tablas de la 12 a la 23 no se incluyen ya que no pueden consultarse en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. (3)

a nivel va íntimamente relacionado con el control de semáforos ya que es muy importante saber cuándo una intersección se está acercando a - su capacidad para darle solución, y esto aunado a factores de seguridad implica la instalación de semáforos.

Otro aspecto importante que se debe considerar es el patrón de movimientos ya que en zona urbana la operación de una intersección con semáforos se tiene la influencia del trazo general adyacente y - los movimientos son por grupos ó se puede padecer el efecto de las co las que se forman en un cruce inmediato a la vez que en una intersección sin control con semáforos en zona urbana también recibe la in- - fluencia de las características de otras intersecciones cercanas. Por otra parte, en zona rural donde habrá pocos semáforos y la distancia entre intersecciones es grande el patrón de movimientos es muy variable y las llegadas a las intersecciones se dan al azar.

En intersecciones controladas por semáforos hay que conside rar los siguientes factores:

Condiciones físicas y operacionales:

- Anchura del acceso.
- Uno o dos sentidos de circulación.
- Estacionamiento.

Condiciones ambientales:

- Factor de carga.
- Factor de hora de máxima demanda.
- Población del área metropolitana.

Características de tránsito:

- Vueltas
- Camiones
- Autobuses

Medidas de Control:

- Semáforos.
- Marcas en el pavimento.

En resumen, se considera que para el análisis de intersecciones a nivel, los factores que se tomen en cuenta caen dentro de alguna de las siguientes cuatro categorías:

Condición básica (anchura de la calle, etc.)

Demanda (volumen de tránsito).

Movimientos de vueltas.

Control.

En zonas urbanas se hace el análisis de capacidad en muchos -
 cruceros y para ello se cuenta con el auxilio de seis gráficas que apa
 recen en el Manual de Capacidad las cuales se han formulado en base a -
 investigaciones y cálculos que se han hecho en varios cientos de inter
 secciones de altos volúmenes de tránsito en muchas ciudades y carrete
 ras con lo que se han obtenido valores representativos. Estas gráficas
 y tablas sirven para hacer todos los ajustes necesarios de acuerdo a -
 las características de la intersección tomando en cuenta todos los fac
 tores que se mencionaron anteriormente. Todas estas gráficas y tablas -
 también aparecen en el "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras", -

de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. (3)

Así, para hacer el análisis de capacidad en las intersecciones a nivel se emplea la siguiente fórmula:

$$VS = VA \times P \times FHM \times BT \times VD \times VI \times AL \times v/ci$$

Donde:

VS = Volúmen de servicio.

VA = Volúmen en el acceso por hora de luz verde

FHM = Factor de hora máxima

BT = Factor de autobuses y camiones

VD = Factor de vueltas derecha

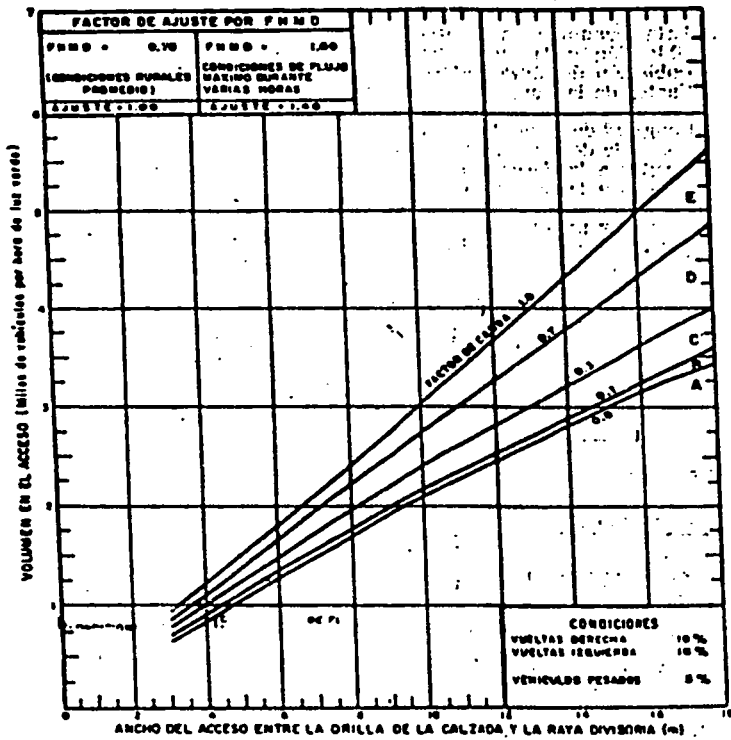
VI = Factor de vueltas izquierda

AL = Factor de autobuses locales

v/ci = Relación verde a ciclo

Como ejemplo de las gráficas, se presenta la gráfica 3 de los volúmenes de servicio por acceso para intersecciones rurales, en vehículos/hora de luz verde para carreteras de dos sentidos sin estacionamiento permitido.

Para obtener el factor de carga se cuenta con la siguiente tabla:



GRAFICA 3

Nivel de Servicio	Circulación	Factor de Carga
A	Libre	0.0
B	Estable	0.1
C	Estable	0.3
D	Poco Estable	0.7
E (Capacidad)	Inestable	1.0
F	Forzada	No aplicable

Para obtener el factor por ubicación dentro de la ciudad se tiene la siguiente tabla:

Factor por ubicación dentro de la Ciudad:

Zona comercial en el centro	1.0
Zona circundante al centro	1.10
Zona comercial fuera del centro	1.10
Zona Residencial	1.20

Este análisis de capacidad se hace por tanteos y si el volumen de servicio (VS) es menor que el volumen de demanda que se afora, no esta correcto el nivel de servicio que se supuso para iniciar el cálculo y se vuelve a hacer el cálculo con otro nivel de servicio.

Otra forma de hacer el análisis de capacidad es con el auxilio de 23 nomogramas desarrollados por el Ing. Jack E. Leisch para determinar el volumen de servicio en base a los factores de ajuste ya mencionados e investigaciones posteriores al Manual de Capacidad.

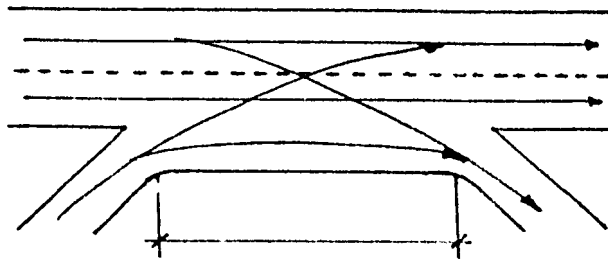
Estos nomogramas fueron publicados por la Administración de Caminos Federales de los EE.UU. en 1967.

Todos estos estudios de capacidad en intersecciones a nivel - permiten determinar en qué nivel de servicio está funcionando la in - tersección y así se puede saber si se acerca o está trabajando a su - capacidad. Dichos estudios también permiten verificar los proyectos - de programación de los semáforos.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN TRAMOS DE ENTRECruzamiento

En Ingeniería de Tránsito se entiende por entrecruzamiento - al cruce de corrientes de tránsito que se mueven en la misma dirección general, logrado mediante maniobras sucesivas de convergencia y divergencia. Se considera que si entra un flujo de tránsito hay convergencia y si sale es divergencia.

En muchas ocasiones la capacidad de un camino la van a dar - los tramos de entrecruzamiento y estos pueden ser en intersecciones a nivel o a desnivel y pueden ir desde un tramo para cambio de carriles, hasta una intersección rotatoria o glorieta, como se puede ver en las siguientes figuras:



TRAMO DE CRUZAMIENTO
PARA CAMBIO DE CARRILES

Las zonas de entrecruzamiento pueden ser simples o múltiples como se puede observar en las figuras a, b, c y d.



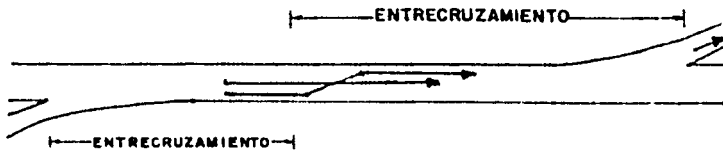
(a) ENTRECRUZAMIENTO SIMPLE



(b) ENTRECRUZAMIENTO MULTIPLE



(c) ENTRECRUZAMIENTO EN UN SOLO LADO

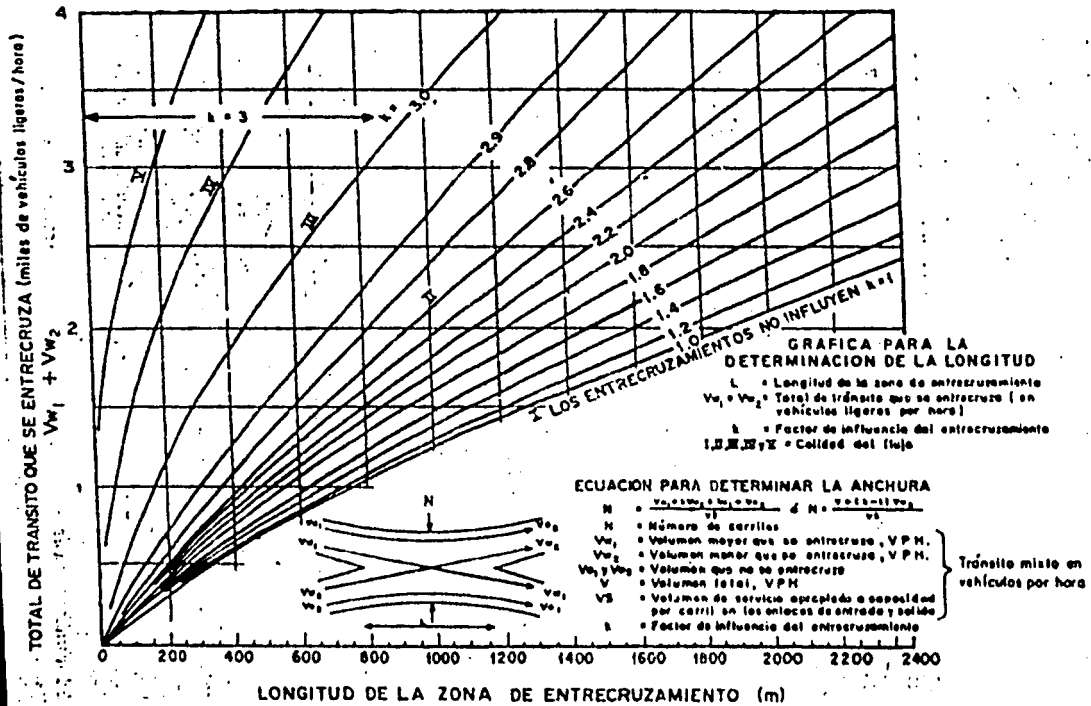


(d) ENTRECRUZAMIENTO EN DOS LADOS .

Para hacer el análisis de los entrecruzamientos también se han hecho muchos estudios e investigaciones en tramos de entrecruzamiento en muchas calles y carreteras, con lo que se ha llegado a la elaboración de gráficas en base a las relaciones y factores que se obtuvieron en dichos estudios.

La serie de curvas que se ha graficado permite relacionar los volúmenes de tránsito que se cruzan, con la longitud requerida del tramo de entrecruzamiento.

A diferentes valores del "Factor de Influencia del Entrecruzamiento", corresponden sendas curvas que están agrupadas por "Calidad de Flujo". Estas curvas se pueden ver en la Gráfica 4.



GRAFICA 4

Se considera, en todos estos análisis, que las distancias de visibilidad en las entradas al tramo en cuestión, son adecuadas.

Para la aplicación de las curvas de la Gráfica 4 se cuenta con el auxilio de las siguientes tablas:

Relación entre calidad de flujo y volumen de servicio máximo en la sección de entrecruzamiento.

	Calidad de flujo Volumen de servicio máximo por carril (autos/hora)
I	2000
II	1900
III	1800
IV	1700
V	1600
	Calidad de flujo Velocidad de operación
I	80 Km/h o más
II	70 a 80 Km/h
III	60 a 70 Km/h
IV	50 a 60 Km/h
V	50 Km/h o menos (zona urbana)

RAMPAS

La rampa, en Ingeniería de Tránsito, es un tramo de camino que permite la conexión de una carretera con otra que la cruza y por lo general se estudian en autopistas y pasos a desnivel ya que una rampa de entrada o de salida mal diseñada en una autopista puede - -

afectar la capacidad de la misma e inclusive producir congestionamientos.

Se considera como la capacidad de una rampa al menor de los tres valores siguientes:

- 1) La capacidad de la conexión de la rampa con la autopista
- 2) La capacidad de la misma rampa
- 3) La capacidad de la conexión de la rampa con el sistema vial adyacente.

En una rampa de salida se deben contemplar los siguientes posibles problemas:

- 1) Evitar la sobrecarga del volumen del carril exterior de la autopista inmediatamente antes de la salida.
- 2) Prever un proyecto eficiente de la rampa de salida, incluyendo su carril de desaceleración.
- 3) Prever un proyecto con capacidad adecuada para la conexión de la rampa con las calles adyacentes.

El número de maniobras de convergencia y divergencia que pueden ocurrir en las rampas de entrada y salida de cualquier autopista o arteria depende, en gran parte, del flujo de tránsito en el carril uno que es el carril cercano a las rampas de entrada o salida. Por ejemplo, el uso considerable del carril uno por vehículos que no van a salir, puede causar congestión al forzar al tránsito del carril dos, que sí va a salir, a bajar la velocidad o inclusive parar y esperar un espacio libre para maniobrar dentro del carril -

uno, mientras que en una rampa de entrada, un conductor que entra a la autopista, debe esperar un espacio libre en la corriente de tránsito del carril uno e incorporarse a ella. El volumen en el carril-uno va a depender del volumen total del tránsito en la autopista y del espaciamiento y condiciones del volumen en las rampas adyacentes. El volumen total del tránsito y su distribución por carriles - deberá ser obtenido para todos los puntos críticos que están antes y después de cada rampa de entrada o de salida.

Para hacer el análisis de capacidad en rampas el Manual - de Capacidad también presenta una serie de ecuaciones y nomogramas - para hacer los cálculos, los cuales también se pueden consultar en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. (3)

XI ACCIDENTES

Como se mencionó en capítulos anteriores, los accidentes junto con el congestionamiento son los síntomas o efectos negativos - del problema de tránsito. Por ello, las estadísticas de accidentes - son una valiosa herramienta para tener conocimiento de las condicio - nes de operación de las calles y avenidas y sus cruces. La informa - ción que se obtenga de dichas estadísticas permitirá precisar fallas - operacionales que se podrán mejorar con cambios en los proyectos geo - métricos y los dispositivos de control.

Para llevar a cabo el estudio de los accidentes se necesita conocer principalmente los siguientes 3 datos:

- a) Causa aparente.
- b) Falla operacional.
- c) Magnitud del problema.

Un accidente, por definición, es un hecho fortuito ajeno a la voluntad del individuo. Sin embargo, desde el punto de vista legal, los accidentes de tránsito se denominan como hechos de tránsito ya que en muchas ocasiones no son fortuitos sino que interviene la voluntad del individuo.

CAUSA APARENTE

La causa aparente de un accidente o hecho de tránsito por lo general es determinado por el agente de tránsito en base a los datos que obtenga de observaciones directas y de versiones de testigos - ya que es la persona que tiene la obligación y la responsabilidad ofi

cial de rendir el informe de cada accidente de tránsito. Esta información sería muy importante como base para llevar a cabo una buena estadística de los accidentes de tránsito. Sin embargo, desgraciadamente en el D.F. y algunas otras ciudades del país no se cumple con lo anterior. En el D.F., estas obligaciones del agente de tránsito han sido relegadas a la Procuraduría del Distrito Federal y las agencias del Ministerio Público.

Cuando se llega a presentar un informe de un accidente este debe contener la mayor información que sea posible para beneficio de las estadísticas y para poder pasar de la "causa aparente" a la "causa real".

FALLA OPERACIONAL

El informe rendido en el paso anterior, así como la causa aparente dictaminada son analizadas por peritos y a partir de ello se pueden determinar las causas reales. Con esto se puede determinar la falla operacional del tránsito y se pueden dar soluciones al problema con la aplicación de las herramientas que proporciona la Ingeniería de Tránsito.

MAGNITUD DEL PROBLEMA

Para analizar la magnitud del problema que representan los accidentes de tránsito se consideran como unidades para medir los saldos a: muertes, lesionados y pérdidas económicas. Para ello se cuenta con el auxilio de índices que relacionan dichos saldos, proporcionalmente con la población, con los vehículos, o con el "Kilometraje -

generado".

Estos índices permiten comparar ciudades, entidades políticas, tramos de caminos, países, o bien un sistema de caminos, a través del tiempo.

Dichos índices también permiten ver si una vez que se le da solución a un problema de tránsito específico el cual provoca muchos accidentes ha servido o no ha servido.

a) Índice de accidentes con base en la población:

Se utiliza la fórmula:

$$I_p^a = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 100,000}{\text{No. de Habitantes}} \quad (\text{Accidentes por cada } 100000 \text{ hab}).$$

Este índice nos permite comparar ciudades, entidades políticas o sistemas de caminos semejantes en la base socio-económica.

b) Índice de accidentes con base en los vehículos:

Se utiliza la fórmula:

$$I_v^a = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 10,000}{\text{No. de vehículos registrados}} \quad (\text{accidentes por cada } 10000 \text{ vehículos}).$$

Este índice permite comparar ciudades, entidades o países aunque existe diferente base socio-económica.

c) Índice de accidentes con base en el "Kilometraje generado".

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_k^a = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 1,000,000}{\text{No. de vehículos - kilómetro}} \quad (\text{accidentes por cada } \text{millón de veh.Km}).$$

La unidad vehículos-kilómetro se puede obtener multiplicando el volumen diario promedio anual del camino en estudio X 365 - días del año X la longitud del camino en estudio en Km.

Este índice permite comparar núcleos de población, entidades, países o caminos individuales.

Si se desea, se puede obtener también el Índice de Mortalidad con las fórmulas anteriores, sustituyendo en las fórmulas el número de accidentes en el año por el número de muertes en el año por - accidentes de tránsito.

CAUSAS DE ACCIDENTES

A partir de los estudios de los informes de los accidentes y en ocasiones visitando el lugar de los hechos y con una visión-ingenieril, se pueden determinar más claramente las causas de los accidentes.

Se ha observado en el mundo entero que la principal causa de accidentes de tránsito es el exceso de velocidad, debiendo entenderse que es exceso de velocidad para las condiciones imperantes - del camino.

La siguiente causa de accidentes de tránsito, por orden de importancia, es la que se denomina invasión de la circulación contraria y es usual en carreteras de dos carriles.

Y después, sigue otra causa que ha sido clasificada como "imprudencia para manejar" y que engloba muchos actos del conductor.

A continuación se presentan algunas estadísticas que con

firman lo mencionado anteriormente. (1)

En Estados Unidos, en 1952, se tuvo un saldo aproximado de 37,800 muertos y 2'000,000 de heridos en los accidentes de tránsito siendo las causas principales las siguientes:

Exceso de velocidad	46.8 %
Invasión de circulación contraria	19.2 %
Imprudencia para manejar	12.4 %
Otras causas	21.6 %

Un estudio realizado por la Dirección General de Caminos de la antigua S.C.O.P. en siete años sobre 3000 Km de carreteras federales de la República Mexicana arrojó la siguiente estadística:

Causas de Accidentes en caminos Federales de México.

Exceso de velocidad	26 %
Imprudencia del conductor	18 %
Invasión de circulación opuesta	12 %
Desperfecto de vehículo	11 %
Imprudencia de peatones	8 %
Dormirse manejando	7 %
Por estacionarse sin protección	4 %
Estado alcohólico	4 %
Falla del camino	2 %
Deslumbramiento	2 %
Otras causas	6 %

En zona urbana pueden variar las causas de los accidentes ya que en las ciudades no se pueden alcanzar altas velocidades.

A manera de ejemplo se presenta una estadística de 1958 para la ciudad de Puebla:

Causas de Accidentes en la Ciudad de Puebla	
Imprudencia del conductor	47.5 %
No respetar la señal de ALTO	21.5 %
Manejar en estado de ebriedad	9.4 %
Al salir del estacionamiento	8.1 %
Estacionamiento en la calle	7.5 %
Exceso de velocidad	4.1 %
Falla mecánica	1.8 %

Una idea del comportamiento de los peatones en relación con los accidentes se puede ver en esta estadística de 1952 en los Estados Unidos.

Actos de Peatones Cuando Ocurrió el Atropellamiento

Cruzaban fuera de la zona marcada para peatones.	27.0 %
Caminaban sobre el pavimento	11.6 %
Atropellados por salir de atrás de un vehículo estacionado	9.4 %
Cruzaban una intersección sin semáforo	8.6 %
Cruzaban una intersección con semáforo pero contra la señal de alto	7.1 %

De las estadísticas anteriores se puede concluir que de un 70% a un 75% de las causas de accidentes de tránsito son imputa -

bles al usuario ya sea conductor ó peatón y que las causas imputables al camino son pocas. Esto viene a fortalecer lo que se dijo en los primeros capítulos acerca de que uno de los principales factores que producen al problema de tránsito es la falta de asimilación del mismo por parte del usuario y las autoridades.

Un estudio reciente en los Estados Unidos demostró que alrededor del 50% de los usuarios implicados en un accidente de tránsito habían ingerido bebidas embriagantes.

ESTADISTICA EN MEXICO

En México, al igual que en todos los países del mundo, - el problema del tránsito es un problema de gran importancia como se puede ver en la siguiente estadística que presenta el saldo adverso - de los accidentes de tránsito en el año de 1972:

Muertes	6700
Lesionados	74150
Daños materiales directos	\$ 426'000,000.00

Se estima que actualmente mueren en el país alrededor de 15000 personas por accidentes de tránsito al año.

Los índices comparativos de mortalidad entre México y EE.UU. se pueden ver en la siguiente tabla:

No. de muertos por cada 10,000 vehículos de motor		
Año	México	Estados Unidos
1945	43.4	9.2
1950	46.9	7.2
1955	64.9	6.2
1957	39.3	5.8
1960	34.0	5.2
1961	36.0	5.0
1962	33.0	5.1
1963	30.0	5.2

Se ha observado que en ambos países se ha ido abatiendo este índice de mortalidad, sobre todo en Estados Unidos.

Una estadística de los accidentes de tránsito en carreteras federales en 1970 es la que se presenta en la tabla 25

TABLA 25 (1)

<u>Causa</u>	<u>No. de Ac-</u> <u>cidentes</u>		
Causa aparente:		Tipos de Accidentes:	
Exceso de velocidad	8,236	Choques	8,084
Circulación prohibida	3,033	Salidas del camino	7,400
Fallas mecánicas	1,993	Volcaduras	5,040
Impericia del conductor	1,492	Atropellamientos	1,704
Impericia de la víctima	1,213	Alcances	1,394
Dormirse manejando,	872	Otros	<u>662</u>
Ebriedad	864	Suma	24,314
Ganado en el camino	794		
Agente climático	769		
No para en entronque	658	S A L D O :	
Rebasar indebidamente	658	Total de accidentes	24,314
Mal estacionado sin - luces	358	Total de muertos	2,598
Condiciones del cami- no	317	Total de heridos	14,656
Otras causas diversas	2,029		

Nota: La suma no concuerda con el número de accidentes, en virtud de que puede haber clasificación combinada de causas en algunos casos.

Pérdida Económica Directa: \$ 176'642,259.00

En el Distrito Federal, de acuerdo a las estadísticas -

del Servicio Médico Forense, cada año mueren un poco más de 2,500 - personas por accidentes de tránsito como se puede observar en la tabla 26:

TABLA 26 (5)

Año	1975	1976	1977	1978
No. muertos en el lugar del accidente	944	1,051	1,048	1,005
No. muertos en el traslado	41	26	43	27
No. muertos en el hospital	1,393	1,431	1,515	1,515
Total	2,378	2,508	2,606	2,547

Se observa que con la cifra de 2547 muertos para el año de 1978 equivale a un promedio de 213 muertes mensuales y 7 muertes-diaras.

La tabla 27⁽¹⁾ presenta las defunciones en hechos de tránsito por tipo de usuario en el Distrito Federal:

Usuario	No. de muertes en 1978	%
Peatones	1,869	73.4
Pasajeros	333	13.1
Conductores	240	9.3
Motociclistas	33	1.3
Ciclistas	41	1.7
Se ignora	<u>31</u>	<u>1.2</u>
T o t a l e s	2,547	100.0

De esta estadística se observa que casi tres cuartas par

tes de los muertos eran peatones. También se debe destacar que en este estudio se observó que aunque los automóviles constituían el 86% del total de vehículos causaron el 24.2% de las muertes, mientras que los autobuses solo eran el 1% de los vehículos y sin embargo causaron el 13.2% de las muertes lo cual muestra la alta peligrosidad del sistema de autobuses del servicio público de la ciudad.

ANÁLISIS DE ACCIDENTES

El manejo de estadísticas verídicas y completas es fundamental para el análisis de los accidentes. Se debe llevar un registro de los accidentes por su ubicación y por las personas físicas y morales que intervienen en ellos. También es muy importante tener un archivo de los accidentes para todas las intersecciones en el medio urbano.

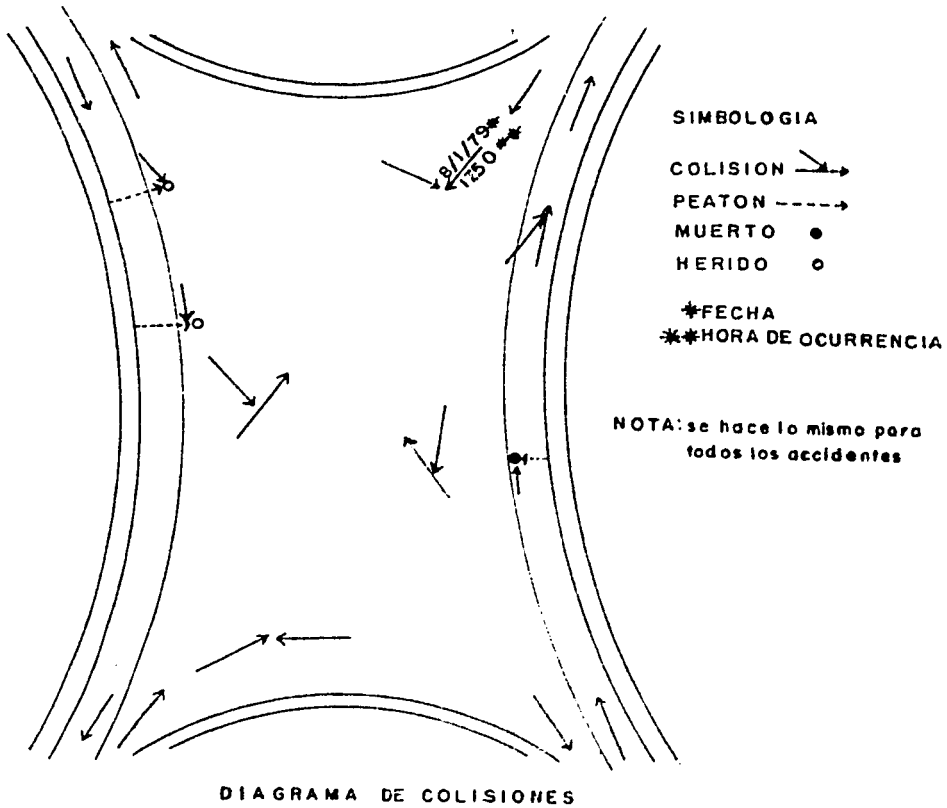
Para hacer el análisis de los accidentes se cuenta con el auxilio de los "Diagramas de Colisiones". Estos diagramas se hacen para las intersecciones, ya sean del medio urbano o del medio rural, y en dichos diagramas se representan todos los accidentes que ocurren en la intersección en estudio, durante todo un año, mediante una simbología determinada.

En la figura 7 se presenta un ejemplo hipotético de un diagrama de colisiones en una cierta intersección para un año determinado.

En base a dichos diagramas de colisiones, uno se da cuenta de que existe un problema en la intersección y que por lo tanto se

debe llevar a cabo una acción para darle solución al problema.

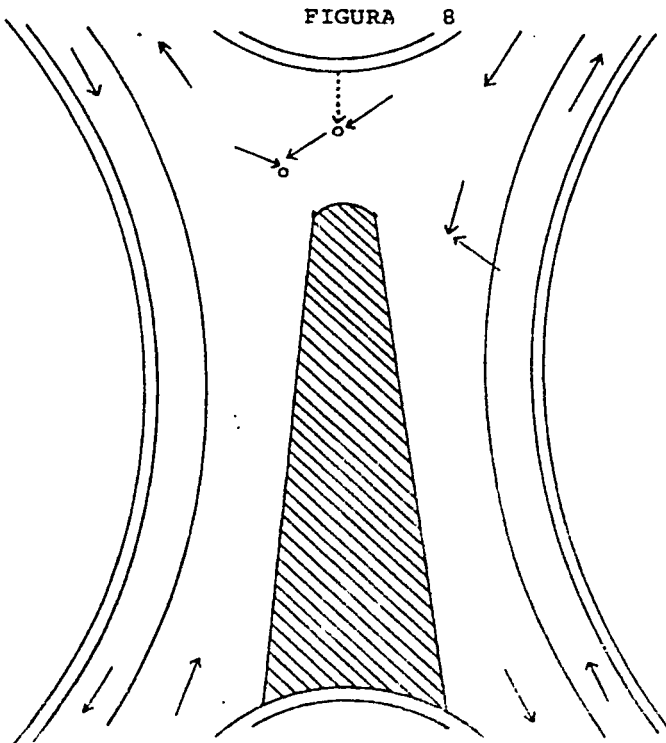
FIGURA 7



Para ello, en base a estudios de Ingeniería de Tránsito, generalmente se llevan a cabo los siguientes tipos de modificaciones:

- a) Modificación geométrica.
- b) Modificación en el señalamiento o dispositivos de control.
- c) Modificación en los sentidos de las calles.

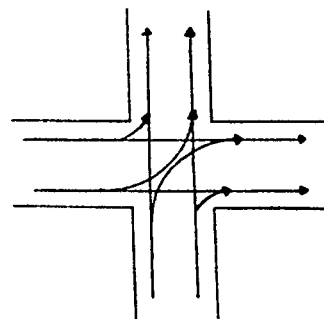
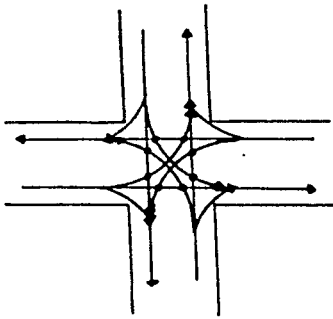
Un ejemplo de modificación de tipo geométrico en el caso de la figura 7 es el siguiente:



La figura 8 se podría considerar como el diagrama de colisiones en la misma intersección, pero para un año posterior a cuando se hizo la modificación de tipo geométrico colocando una isleta separadora. Así, en base a estudios de "antes y después" de los Diagramas de Colisiones se observa si la solución que se le da al problema del tránsito es o no adecuada.

Las modificaciones en el señalamiento o dispositivos de control pueden ser, por ejemplo, poner una señal de alto en los accesos de una intersección o bien colocar semáforos en la intersección, etc.

Las modificaciones en los sentidos de las calles consisten básicamente en cambiar las calles de doble sentido a calles de un sólo sentido ya que lógicamente, en las intersecciones de calles de doble sentido los conflictos potenciales van a ser más que en las intersecciones de calles de un solo sentido.



Intersección de calles con doble sentido

Intersección de calles con un sentido.

Cuando se pretende hacer alguna modificación en una intersección, antes que hacer una modificación física de tipo geométrico - que pueda significar una inversión grande de dinero, se debe analizar si el problema se puede resolver con lo que se ha llamado "Ingeniería de Costo Mínimo" como puede ser el pintar el paso de peatones, pintar rayas de alto, ordenar carriles con pintura, e inclusive ver si la iluminación en la intersección es correcta ya que la falta de ilumina-

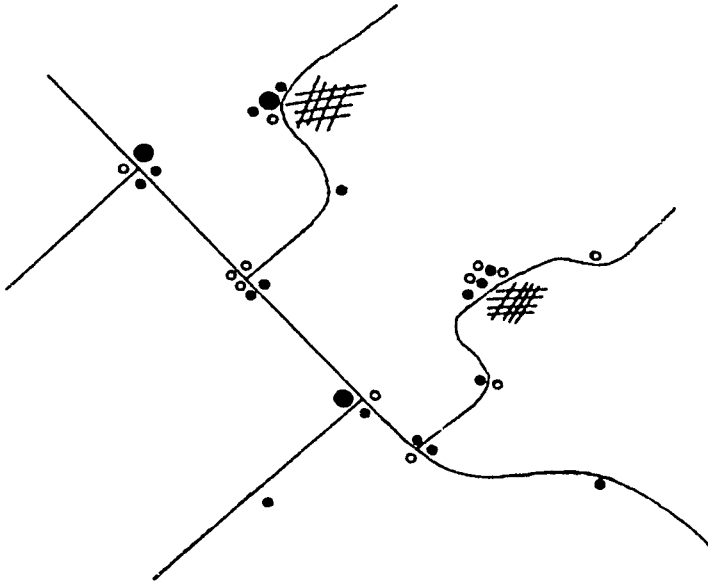
ción es un factor importante en las causas de accidentes.

Para el análisis de accidentes, otra forma gráfica que también se utiliza mucho es el Mapa de Frecuencias.

El Mapa de Frecuencias consiste en un mapa de una ciudad sobre el cual se vacían todas las estadísticas de un año de muertes, heridos y pérdidas económicas que se tienen para todas las intersecciones de dicha ciudad. Así, en estos mapas se pueden observar los sitios donde hay una mayor frecuencia de accidentes. Se ha observado que el mayor número de accidentes ocurre en las intersecciones. Por ejemplo, en 1972, se encontró que la intersección más crítica en el D.F. era la del Periférico con Palmas ya que sólo tenía una isleta canalizadora. Se colocaron semáforos y al año siguiente bajó de lugar en cuanto a frecuencia de accidentes. Una aplicación del mapa de frecuencias es que permite ver los lugares críticos y que requieren algún cambio. Anteriormente se hacía el análisis de las primeras 50 intersecciones con mayor frecuencia de accidentes. Ya que se tiene el mapa de frecuencias se fotografía o se conserva, para que al año siguiente se haga el mapa de frecuencias del año correspondiente y se compare con el del año anterior, para ver si las soluciones que se dieron fueron adecuadas y también para observar nuevos cruceros críticos que pudieran surgir.

Los mapas de frecuencias también se utilizan en una red de caminos. En carreteras se ha observado que el mayor número de accidentes también se presenta en las intersecciones así como en el paso-

por las poblaciones. Ejemplo:



SIMBOLOGIA

- MUERTES
- HERIDOS
- PERDIDAS ECONOMICAS
- ▨ POBLACION

Otro ejemplo es que en Acapulco se observó en un mapa - de frecuencias que en el tramo que va de Acapulco a Puerto Marqués - ocurrían muchos accidentes. Para darle solución al problema se creó - un tercer carril en los tramos de pendiente ascendente. Se hizo un - cambio de ordenación al poner el tercer carril y se logró aumentar - la capacidad del camino en el sentido ascendente que era crítico.

De todo lo anterior, se concluye que es muy importante - contar con estadísticas a nivel nacional en todo lo concerniente a - accidentes de tránsito. Para esto, es muy importante que se cuente - con personas encargadas de presentar informes de todos los acciden - tes que ocurren y se tenga conocimiento de ellos. Los informes de ac - cidentes de deben presentar en formas ya elaboradas previamente para que la persona encargada de hacer el informe recopile todos los da - tos que puedan servir sin omitir alguno.

También, debe existir una mayor asimilación por parte - de las autoridades de lo que significa el problema del tránsito para un país y para reafirmar esto se presenta un estudio en el que se - comparan las pérdidas por crimen y por accidentes de tránsito en los Estados Unidos en un año. (1)

Asesinatos	7120
Heridos hospitalizados por delito grave	92600
Pérdida económica (toda clase de robos)	2,035,770 Dls.
Total de delitos	2,159080

Muertes por accidentes de tránsito	38,300
Heridos hospitalizados por accidentes de tránsito	3'350,000
Total de accidentes de tránsito (vehículos de motor)	9,900,000
Pérdida económica por accidentes de tránsito.	3'500,000 Dls.

En México, como parte de las medidas preventivas que se han tomado, en la XIV Convención Nacional de Directores de Tránsito, celebrada en 1972 en Tuxtla Gutiérrez, Chis., se presentó un Plan Nacional de Seguridad Vial que ha servido como orientación básica a las autoridades del Gobierno Federal, de los Estados y de los Municipios de la República Mexicana para afrontar el creciente problema del tránsito.

XII ORIGEN Y DESTINO

Todos los movimientos en una red vial urbana o rural - tienen un origen y un destino. Por ello, en Ingeniería de Tránsito, - se hacen estudios de origen y destino por medio de los cuales se recopilan datos sobre el número y tipos de viajes, incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros desde varias zonas de origen hacia varias zonas de destino.

Los estudios de origen y destino sirven fundamentalmente para fines de planeación, particularmente en la localización, diseño y programación de caminos nuevos o mejorados, transporte público y estacionamientos; o sea, se puede decir que los estudios de origen y destino sirven en la Ingeniería de Tránsito para planear las - necesidades futuras.

Los estudios de origen y destino pueden ser a varias escalas y se puede estudiar desde toda una ciudad hasta una intersección o ruta particular ya sea urbana o rural.

Estos estudios pueden ser desde muy económicos y prácticos, hasta estudios muy elaborados y caros. Los métodos de estudio - de origen y destino que normalmente se utilizan en México son los siguientes:

1.- Encuesta directa a los usuarios.

Este método consiste en colocar encuestadores en puntos estratégicos del sitio o camino donde se quiere hacer el estudio, para que detengan a todos los vehículos o alguna muestra representati-

va cuando los volúmenes de tránsito son muy altos. El encuestador le formulará al conductor varias preguntas previamente elaboradas y asentadas en una hoja de campo para que la encuesta dure el menor tiempo que sea posible. Generalmente se le pregunta al conductor cuál es el origen último de su viaje y cuál es su destino inmediato, así como los motivos del viaje.

2.- Método de la Tarjeta Postal.

Este método se utiliza principalmente en lugares donde es difícil llevar a cabo la encuesta directa porque son muy altos los volúmenes de tránsito y se requiere mucho personal. Mediante este método se le entrega al conductor del vehículo una tarjeta postal que trae un cuestionario mínimo preguntándosele el origen y destino de su viaje, para que el conductor la llene al llegar a su destino y la deposite en un buzón ya que las tarjetas traen impresa la dirección a donde se deben enviar y el timbre postal. Este método no ha resultado muy confiable ya que un alto porcentaje de usuarios no contesta ni regresa las tarjetas y no se está seguro si las respuestas que sí se envían de regreso son representativas de todos los conductores.

3.- Método de identificación de placas.

Este método se utiliza principalmente en zona urbana en intersecciones rotatorias o glorietas donde se requerirían muchos observadores para estudiar las trayectorias de los vehículos que entran y salen de la glorieta.

Para el caso de las intersecciones rotatorias el estudio de origen y destino se hace en las dos horas de máxima demanda - colocando observadores en todos los accesos de la glorieta. Primero se hace el registro de todos los vehículos que entran por un acceso determinado y en los demás accesos se registran todos los vehículos que salen de la glorieta. Esto se hace durante un período mínimo de 15 minutos dentro de las dos horas de máxima demanda con la previa - sincronización de los relojes de los observadores de todos los accesos. Posteriormente se hace lo mismo para todos los demás accesos de la glorieta también dentro de las dos horas de máxima demanda. Después, en gabinete, se obtienen los volúmenes de tránsito de todos los accesos de la intersección rotatoria.

Otra modalidad del método anterior es el que se denomina de "luces encendidas". Este método consiste en que se le solicita al conductor que encienda sus luces cuando llega a la glorieta por un acceso determinado y los observadores en los demás accesos cuentan los vehículos que salen de la glorieta con las luces encendidas durante un período de tiempo determinado con anterioridad. Para estos métodos se utilizan hojas de campo previamente elaboradas.

4.- Método de la encuesta domiciliaria.

Este es el método más completo que se emplea en zona urbana cuando no es posible llegar a todos los usuarios para conocer su comportamiento en cuanto a sus trayectorias viales. Este método permite saber a dónde van los usuarios, qué calles utilizan más, qué

medios de transporte utilizan y cuáles son sus propósitos de traslado.

Para aplicar este método se establecen convencionalismos para dividir la ciudad en estudio en zonas homogéneas donde la gente que viva en ellas tenga costumbres, intereses, ingresos y nivel socio-económico similares, identificando así cada zona. Se localizan los centros de gravedad de cada zona y se determinan los deseos y demandas de la gente en cuanto a sus trayectorias. Para ello, se hace la encuesta a una muestra representativa de cada zona en sus domicilios obteniéndose los datos mencionados anteriormente que serán muy útiles en este estudio de origen y destino.

A partir de estos estudios, en muchas ciudades del mundo se ha observado que existe un patrón de movimientos de tipo radial de la periferia al centro de las ciudades en las mañanas y del centro a la periferia en la tarde o noche como se puede ver en la figura 9 donde se presenta una ciudad supuesta dividida en zonas homogéneas como lo indica el método.

Al mapa de la figura 9 se le denomina Mapa de Origen y Destino ó Mapa de Líneas de Demanda de Movimiento.

Las dos aplicaciones más importantes de los estudios de origen y destino por este método son:

- 1.- El diseño de la red vial primaria con todas las prioridades en cuanto a control de accesos y sus anillos concéntricos y vías radiales.

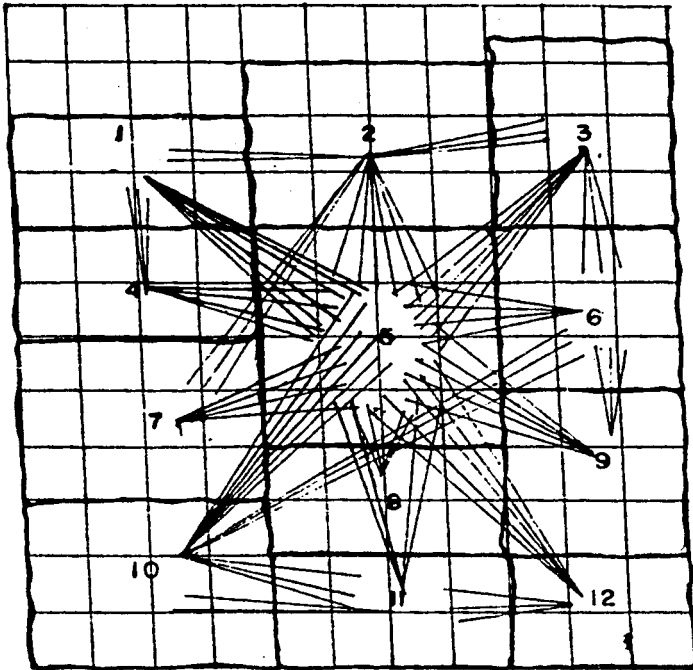


FIGURA 9

Zona 5 Centro de la Ciudad

2.- El diseño de las rutas de transporte público.

A partir del Mapa de Origen y Destino, se pueden vaciar los datos obtenidos en una matriz origen-destino donde se tendrán los movimientos en forma matricial.

MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO

ZONA	1	2	3	...
ZONA				
1	—	X v-p	Y v-p	...
2	X ₁ v-p	—	Y ₁ v-p	...
3	X ₂ v-p	Y ₂ v-p	—	...
.	.	.	.	—
.
.

Con esta matriz se obtienen el número de viajes persona por zona, ó bien, el número de viajes-vehículo cuando se obtiene la distribución modal en las encuestas conociéndose así, en forma matricial, cuáles son las líneas de demanda y el tipo de vehículo utilizado para poder llevar a cabo una mayor planeación de las vías y de las rutas de transporte público.

En un estudio de Origen y Destino efectuado en 1978 por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del D.D.F. en el Area Metropolitana de la Ciudad de México, se pudo constatar que el centro de la ciudad es el principal polo de atracción pues en 1978 recibió- 473,520 viajes-persona/día (v.p./d.) con propósitos de trabajo; - - 103,610 v.p./d. con propósito de compras y 26340 v.p./d. con motivo de educación. Esto da un total de 603,470 v.p./d, que ocurren diariamente al centro, que continúa siendo la zona de mayor movimiento de la ciudad.

Aunque las zonas comerciales han proliferado por toda - la ciudad, el centro continúa siendo una zona comercial y financiera- muy importante.

El primer estudio de origen y destino realizado en México se llevó a cabo en la ciudad de Monterrey, N.L. en el año de 1951.

Dicho estudio se realizó para encontrar la ubicación óptima de cuatro puentes para cruzar el Río Santa Catarina que divide a la ciudad en dos. El río se cruzaba por vados y cuando la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos decidió canalizar el río y aprove

char las dos orillas haciendo avenidas que atravesaran la ciudad se decidió construir cuatro puentes para cruzar el río. El problema era dónde ubicar los puentes y se hizo un estudio de origen y destino por el método de "encuesta directa" a los usuarios durante dos semanas.

Así, se determinaron los puntos de origen y destino de cada viaje y se hizo un mapa de "demanda de movimientos" al unir dichos puntos. Las líneas de demanda de movimientos se fueron ajustando para formar haces de líneas que fueron agrupados en cuatro zonas para la ubicación de los cuatro puentes. Posteriormente, mediante un análisis matemático utilizando momentos estáticos se determinó el "lugar geométrico" de dichas líneas al cruzar el eje del río. Así se encontraron los cuatro puntos de cruce haciendo después un ajuste al alinearlos con las calles próximas más convenientes.

Otro estudio de origen y destino importante que se ha hecho en México, fué en junio y agosto de 1953 en la ruta México-Cuernavaca-Acapulco.

Este estudio también se hizo por el método de la "encuesta directa" obteniéndose los siguientes resultados:

Vehículos originados en México y distribuidos entre México y Acapulco.

Salen de México	100.0 %
Se quedan entre México y Cuernavaca	9.5 %
Se quedan en Cuernavaca	59.1 %

Más allá de Cuernavaca	31.4 %
Vehículos originados entre Acapulco y México con destino a México.	
De más allá de Cuernavaca	32.4 %
De Cuernavaca	62.6 %
Entre Cuernavaca y México	5.0 %
A México	100.0 %

Como se puede ver, de todos los vehículos que salen de la ciudad de México sólo 31.4 % siguen más allá de Cuernavaca incluyendo tanto la autopista como la ruta libre; y de todos los vehículos que viajan hacia México por las dos rutas, sólo el 32.4% provienen de más allá de Cuernavaca.

De este estudio se concluyó que no se justificaba una autopista más allá de Cuernavaca y que sí era necesario facilitar el tránsito de, y hacia el interior de Cuernavaca.

Un factor importante que se debe tomar en cuenta para los estudios de origen y destino por el método de la encuesta directa es la localización de la estación de aforo que deberá ser en un tramo del camino que esté fuera de la influencia periférica del tráfico citadino, de preferencia plano, recto y amplio para facilitar el trabajo y evitar posibles accidentes. También se deberá contar con un juego de señales preventivas, que se colocarán a una distancia prudente en los dos sentidos del camino.

XIII TRANSPORTE PUBLICO

En todos los estudios técnicos de Ingeniería de Tránsito, un factor de primera magnitud que debe ser considerado es el del transporte público. Conforme una ciudad crece, buena parte de la población debe hacer uso del transporte de servicio público. Por ello, la Ingeniería de Tránsito ha desarrollado una serie de estudios técnicos para obtener la mayor eficiencia del transporte público.

Dentro de los sistemas de transporte automotor, considerando el transporte a larga distancia, para la Ingeniería de Tránsito el sistema de autobuses es el que nos va a interesar ya que el sistema ferroviario deberá ser estudiado por separado.

El autobús se ha convertido en parte integral del camino con mayor flexibilidad que el ferrocarril; la terminación de una ruta va íntimamente ligada con la concesión del servicio público de pasajeros ya que sin los autobuses no se puede decir que el camino ha cumplido de lleno con su objetivo social y económico.

En algunos países de Europa y en Japón, todavía se usa mucho el ferrocarril ya que las distancias son pequeñas, el servicio es muy bueno e intervienen otros factores económicos.

En la tabla 28 se puede ver la distribución del transporte foráneo de pasajeros en México sin incluir el automóvil.

Para comparar, la distribución del transporte foráneo de pasajeros en los EE.UU., sin incluir el automóvil, se puede observar la tabla 29.

TABLA 28

*

Año	Ferrocarril %	Autobús de Concesión-Federal %.	Avión %
1940	50.5	49.3	0.2
1945	41.8	57.8	0.4
1950	22.0	77.3	0.7
1955	15.6	83.5	0.9
1959	12.7	86.2	1.1

TABLA 29 (1)

Año	Ferrocarril	Autobús Foráneo	Líneas Aéreas	Transporte por Agua
1940	62.5	30.6	3.0	3.9
1945	72.8	22.7	2.9	1.7
1951	36.5	32.4	28.9	2.2
1960	27.5	25.5	43.5	3.5
1965	17.2	23.2	56.6	3.0
1969	7.8	17.0	72.6	2.6

En el medio urbano los principales sistemas de transporte público son:

- 1.- Tren urbano (desde tranvía hasta Metro).
- 2.- Trolebús o electrobús.
- 3.- Autobús.

En las principales ciudades de países desarrollados existen varios sistemas combinados incluyendo el tren suburbano en zonas de la periferia de las ciudades, mientras que hay muchas ciudades en el mundo que solo cuentan con el servicio de autobuses.

* Fuente: Dirección General de Estadística, SIC.- Departamento de Planeación, S.C.T.

Se ha observado que mientras más atractivo es el servicio de transporte público, más eficiente y mejor planeado, mayor será el número de usuarios, sobre todo en aquellos lugares donde el automóvil particular se ha convertido en popular medio de transporte y todo esto se traduce en un "alivio" de los congestionamientos y del problema del tránsito en general.

En ciudades de países desarrollados, como pueden ser Nueva York y Londres, de un 70 a un 80% de los viajes-persona se realizan en medios de transporte colectivo.

Entre los sistemas de transporte colectivo, el que se ha destacado por su eficiencia y su capacidad en el presente siglo, es el tren metropolitano (METRO) que ya es utilizado en 42 ciudades del mundo y se encuentra en construcción en cuando menos otras 21 ciudades. Este sistema de transporte colectivo generalmente es subterráneo y el más antiguo es el de la ciudad de Londres, que se inició su construcción en 1863.

El Metro de la Ciudad de México se empezó a construir el 19 de Junio de 1967 y en su primera etapa fué planeado para una red de 3 líneas, con un total de 42.4 Km de longitud.

A pesar de ser el tren metropolitano un sistema muy eficiente, que ha tardado en desarrollarse por las altas inversiones y la técnica avanzada que se requiere para construirlo y operarlo, no se le debe ver como la solución al problema del transporte de masas sino que se debe planear una combinación óptima de todos los siste-

mas de transporte público.

Para diseñar un sistema de transporte público específico se deben llevar a cabo estudios de demanda y factibilidad económica ya que, por ejemplo, pueden haber sistemas que trabajen con una mayor densidad de pasajeros que otros y esto se podría cambiar variando la frecuencia entre trenes, autobuses, etc.

Un criterio fundamental que se debe tomar en toda planeación y diseño de un sistema de transporte público "es el de transportar personas, no mover vehículos, con un máximo de pasajeros por unidad de tiempo, dentro de las posibilidades económicas".¹

Dos preguntas importantes a contestar para la elaboración de un proyecto son:

¿Cuántas personas se pueden manejar con un determinado sistema de transporte urbano? ¿Cuántas personas lo demandan? Y a partir de estos datos se proyecta y se hacen pronósticos a futuro.

Algunas características de los sistemas de transporte urbano en el Distrito Federal son las siguientes:

Metro.-

Capacidad: 60,000 pasajeros/hora en un sentido circulación con trenes de 9 vagones con capacidad de 1530 pasajeros (48 sentados y 122 de pie por vagón) e intervalos de 90 segundos.

Velocidad media comercial: 35 Km/hora.

Tranvía.-

Capacidad: 10,000 a 12,000 pasajeros/hora para un sentido de circulación "Ingeniería de Tránsito". Ing. Rafael Cal y Mayor.

ción (con derecho de vía).

Trolebús.-

Capacidad: 3,000 a 4,000 pasajeros/hora en un sentido de circulación y corriendo con una frecuencia de 90 segundos.

Autobús.-

Capacidad: 2,800 pasajeros/hora para un sentido de circulación en camiones de 70 pasajeros y a intervalos de 90 segundos.

Taxis colectivos.- (peseros).

Capacidad: 300 pasajeros/hora en un sentido de circulación y con una frecuencia de 60 peseros/hora.

En un proyecto determinado, dos requisitos muy importantes que deben cumplir los sistemas de transporte son:

- 1.- Seguridad.
- 2.- Eficiencia.

Organización Administrativa del Transporte Público de Pasajeros.

Existen tres sistemas básicos de organización administrativa:

- 1.- Empresa privada.
- 2.- Propiedad pública.
- 3.- Propiedad múltiple.

El primer sistema es operado por una empresa privada, bajo el patrón industrial (sociedades por acciones). En un principio, casi toda la administración del transporte público era de este tipo - pero han ido desapareciendo estas organizaciones y existen pocas en -

el mundo. Actualmente, el transporte público se encuentra en manos estatales en la mayor parte del mundo.

El segundo sistema es administrado por el gobierno. Las ventajas de esto son: exención de impuestos, menos conflictos - obrero-patronales, financiamientos, etc. Las desventajas principales de este sistema son: mayores costos de operación debido a condiciones de mano de obra, mayores primas de seguros, pérdidas de ingresos por concepto de impuestos, etc.

El tercer sistema opera a través de uniones, cooperativas o sindicatos, formados por miles de concesionarios. Este sistema - representa un número elevado de patrones-obreros y son los mismos dueños de la unidad quienes la manejan y administran y se encuentran agrupados en líneas, uniones, cooperativas o sindicatos.

Las tarifas tienen un límite accesible al público y por estas razones casi siempre las tres organizaciones trabajan con dé ficit.

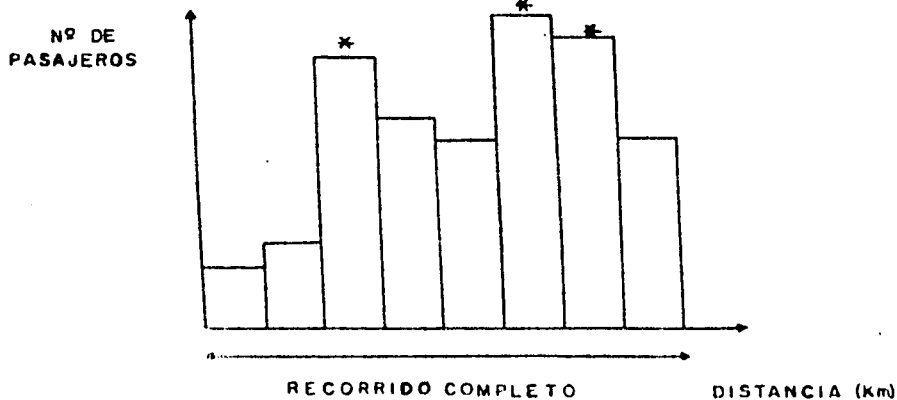
Estudios Técnicos

Existe una gran variedad de estudios técnicos que deben realizarse para obtener la mayor eficiencia del transporte público, - sin embargo, aquí solo se mencionarán los más importantes: (2)

1.- Recuentos de pasaje en puntos de máxima demanda.

Mediante este estudio se pretende investigar cuales son los volúmenes de pasajeros en los puntos de máxima demanda y en - - otros lugares especiales, a lo largo de una ruta.

En base a este estudio se podrán determinar las varia - ciones horarias, diarias o de temporada y en consecuencia, así se po - drá determinar cuándo y cuántas unidades deben agregarse o retirarse en el horario de una ruta. Una vez determinados los puntos importan - tes del recorrido, se deben contar los pasajeros en cada unidad, al - detenerse. Con los datos que se obtienen se elaboran polígonos de - carga que son del siguiente tipo:



* PUNTOS DE INTERES DEL ESTUDIO POR LA MAYOR DEMANDA

2.- Recuentos de ascenso y descenso de pasaje.-

Este estudio permite determinar la ocupación del vehículo en cualquier punto y el movimiento de ascenso y descenso de pasajeros en cada parada por medio de recuentos directos.

Las principales aplicaciones de este estudio son:

Ayuda a localizar los puntos de carga máxima., para ver si puede reducirse su longitud de recorrido., ayuda en la localización de puntos de retorno., permite determinar cuales paradas pueden eliminarse o cambiarse de lugar., ayuda a fijar la longitud de recorrido y el tiempo apropiado para recorrerla.

La práctica aconseja que se hagan recuentos en varios viajes dentro de la hora de máxima demanda y varios en horas intermedias.

3.- Tiempo de recorrido.-

Con este estudio se pretende determinar el tiempo total de recorrido, llevando un análisis de los tipos, causas y magnitud de los retardos que ocurren en la ruta. Este estudio es un requisito indispensable para la buena operación de una ruta.

Los tiempos de recorrido van a depender de tres factores básicos:

- a) Condiciones del tránsito.
- b) Eficiencia de operación.
- c) Equipo.

Con este estudio se pueden establecer los tiempos de re

corrido para horas de baja demanda y en base a ello se distribuyen los horarios de "corridos".

Este estudio sirve también para hacer comparaciones de antes y después de haber optado por una solución.

Se ha visto que las principales causas de demoras son:

- 1.- Paradas para ascenso y descenso de pasaje.
- 2.- Semáforos o control policíaco.
- 3.- Maniobras del vehículo precedente (vueltas o paradas).
- 4.- Tránsito en general que incluye peatones que cruzan.

El "Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal", del cual se hizo mención en el capítulo de Planificación Vial Urbana, contempla el problema del transporte público de la siguiente manera:¹

En la gráfica 5 se presenta la distribución modal de pasajeros en base a un estudio efectuado en 1979.

Diagnóstico.

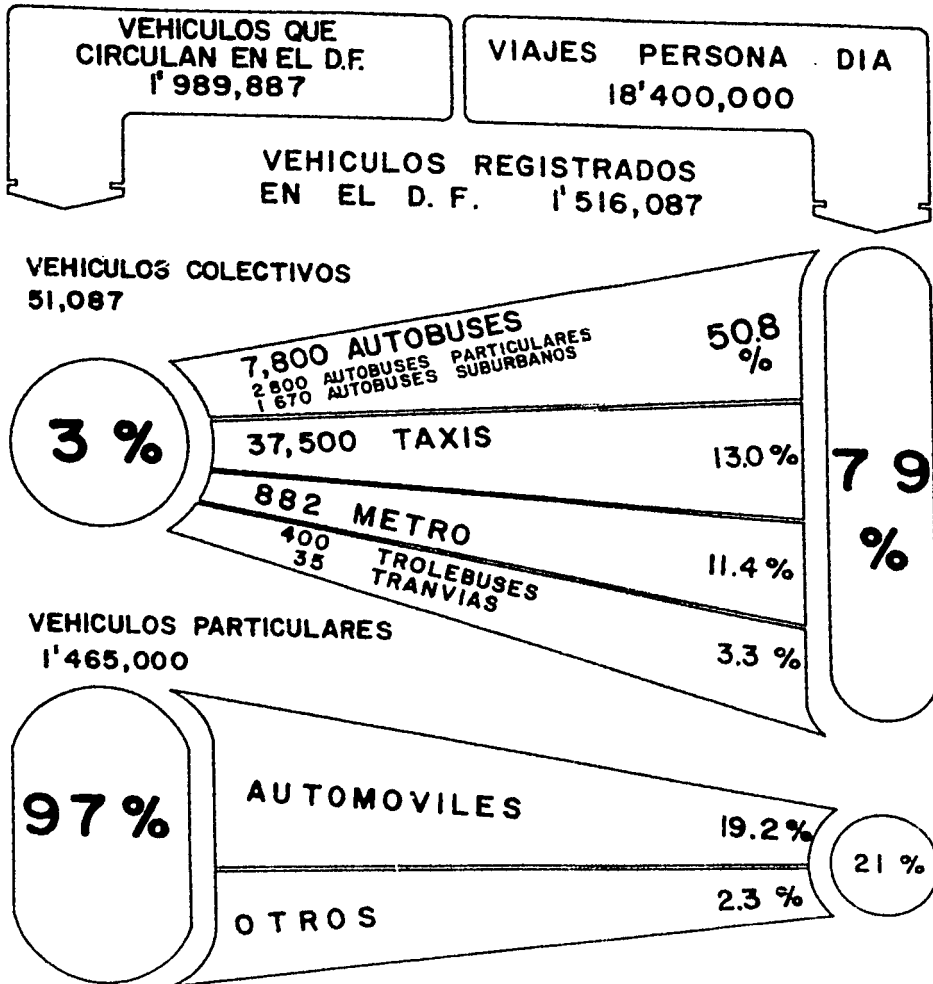
El diagnóstico contempla como cifras principales, que la población en el D.F. en 1979 era de 9.5 millones de habitantes, 1.99 millones de vehículos (incluyendo los que provienen de otras entidades, principalmente del Estado de México), y 18.4 millones de viajes-persona/día (V.P.D.)

Para complementar el diagnóstico se hicieron estudios relativos a:

1 Revista Grupo I.C.A. IV Epoca. Año 24. No. 11. Junio de 1980.

- Origen y destino de pasajeros.
- Líneas de deseo y centros de mayor atracción.

GRAFICA 5 (6)



DISTRIBUCION MODAL

- Rutas y condiciones de operación de autobuses, tranvías y trolebuses.
- Estructura vial de la ciudad y su ocupación por los distintos medios de transporte.
- Metro: Operación, evolución y repercusiones del sistema en el ámbito del transporte colectivo de la capital.
- Rutas de taxis colectivos.
- Consumo de combustibles.
- Oferta y demanda de estacionamientos.
- Participación del transporte suburbano y foráneo de pasajeros.
- Participación del transporte de carga local y foránea.
- Ejes Viales.
- Problemas de vialidad y transporte y soluciones adoptadas en otras ciudades.

Del diagnóstico que se hizo del problema se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1.- Del total de vehículos de la ciudad de México, el 3% corresponde al transporte colectivo, que moviliza al 79% de pasajeros; mientras que los vehículos particulares constituyen un 97% y solo movilizan el 21% de los V.P.D. (viajes-persona/día).
- 2.- Los autobuses son el medio de transporte más importante, ya que participan con el 50.8% del total del V.P.D., no obstante que su servicio y la comodidad que ofrecen son muy deficientes.
- 3.- En los últimos años ha disminuido en términos absolutos el número

ro de autobuses urbanos, ha aumentado el de automóviles particulares y se ha sobresaturado el Metro.

4.- Las rutas de autobuses emplean un tiempo excesivo en recorridos sinuosos que propician multiplicidad o ausencia del servicio en algunas zonas.

Nota: En 1981 se inició una reestructuración de rutas, con base en el trazo ortogonal y recorridos más largos. Se suprimen con esto, las rutas de trazo radial y se obliga a transbordos. Se procede a reducir las 534 rutas existentes a solamente 70 rutas básicas, complementadas con 20 subsistemas de rutas secundarias.

5.- A pesar del incipiente tamaño de la red del Metro, éste ha tenido un incremento sostenido en su participación dentro del total de V.P.D. debido a sus grandes ventajas de eficiencia, regularidad y bajo costo sobre otros transportes.

6.- Los taxis colectivos prestan un servicio supletorio, caro, insuficiente y sobrepuesto al de autobuses y trolebuses, equivocando así, su función.

7.- Los Ejes Viales han permitido aumentar la velocidad del transporte colectivo hasta en un 75%.

8.- Dadas las condiciones existentes de vialidad, algunas zonas urbanas tienen escasa accesibilidad e insuficiente transporte colectivo.

9.- Existe un alto déficit de estacionamientos, que provoca violaciones a los reglamentos de tránsito y la utilización de los carriles de circulación vehicular.

Pronóstico.

Con base en el panorama actual de vialidad y conocidas las tasas de incremento poblacional y vehicular, ha sido posible pronosticar las condiciones de la vialidad y el transporte para el año 2000, siguiendo dos tendencias:

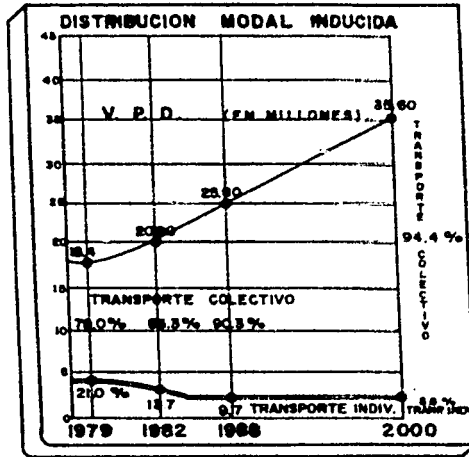
a) Tendencia Histórica.

En caso de que el crecimiento urbano se verificara en condiciones similares a las que hasta ahora han prevalecido y no se aplicaran las medidas correctivas, en el año 2000 habría en el D.F.: 17.3 millones de personas, 11.5 millones de vehículos y se generarían 43.1 millones de viajes diariamente, de los cuales el 31.8% se efectuaría en vehículos particulares y el 63.2% en transportes colectivos. El consumo de gasolina se elevaría de 3,200 millones de litros anuales (1979), a 33,500 millones y los vehículos dispondrían solamente de 20m² para circular y estacionarse, con lo que casi se llegaría a la paralización total.

b) Tendencia Inducida.

Si desde ahora se ponen en práctica las medidas de regulación que se proponen en el Plan Rector de Vialidad y Transporte se tendrían para el año 2000, 14.3 millones de habitantes y 5.4 millones de vehículos, de los cuales únicamente cerca de un millón circularían dentro de la ciudad, ya que los transportes colectivos absorberían el 94.4% de los 35.6 millones de viajes-persona/día. A los ve-

hículos particulares correspondería sólo el 5.6% de los V.P.D., el consumo de gasolina se reduciría a cerca de 1,400 millones de litros-
 anuales, y además las condiciones de circulación no presentarían los-
 congestionamientos actuales. (Ver Gráfica 6).



GRAFICA 6 (6)

Como se mencionó en el capítulo de Planificación Vial Urbana, uno de los objetivos principales del "Plan Rector de Vialidad y Transporte" es el de cambiar radicalmente la distribución modal de los V.P.D., dando preferencia al transporte colectivo sobre el individual. Se pretende que el Metro sea la columna vertebral del mismo y que se transporte a fines del siglo el 45.8% de los 35.6 millones de V.P.D. - y los medios de transportación individual reduzcan su participación - al 5.6%.

Programa 1980-1982.

La primera etapa del "Plan Rector de Vialidad y Transporte" considera que a fines de 1982 deberán alcanzarse los siguientes avances:

a) Metro.

Una red de 10 líneas con 153.33 Km de longitud (el 40% - del Plan Maestro), integrado por: 44.60 Km actualmente en operación, - 41.53 Km en construcción y 67.20 Km más por construir en una tercera- etapa, que abarca de julio de 1980 a diciembre de 1982.

b) Vialidad.

- Terminar el Anillo Periférico.
- Terminar el Circuito Interior.
- Construir 19 Ejes Viales con 400 Km de longitud, para alcanzar el - total de 34 Ejes y 540 Km previstos por el Plan.

c) Transporte de Superficie.

- Implementar en su totalidad las 76 rutas de autobuses que señala el

Plan de Transporte de Superficie, incrementar a 8,000 el número de unidades.

- Fortalecer el servicio de transportes eléctricos, con la adquisición de 500 nuevos trolebuses.

d) Estacionamientos.

- Dotar a la ciudad de 60,000 cajones que representan el 10% de la demanda actual. Ello corresponde, según el Plan, al D.D.F., así como el-organizar adecuadamente el uso de vías públicas para este fin.

De todo lo aquí presentado, se podría concluir que el - Plan Rector es un documento muy ambicioso y que conviene llevarlo a cabo para darle una solución integral a los ancestrales problemas viales y del transporte de la ciudad de México.

XIV ESTACIONAMIENTOS

El problema del estacionamiento es muy importante en todas - las grandes ciudades ya que se ha observado que la gran mayoría de - los vehículos particulares son utilizados solo unas 2 o 3 horas en un día, y el resto del tiempo permanecen estacionados. Por ello, parte - del problema de congestión en muchas ciudades es causado por - las inadecuadas obras de estacionamiento.

Los principales estudios que se realizan para obtener la información necesaria para evaluar y resolver el problema de estacionamiento, cuya metodología de estudio aparece claramente explicado en el "Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito"⁽²⁾, son los siguientes:

- Inventario de estacionamientos.
- Inventario especial de lotes de estacionamiento.
- Uso de los estacionamientos.
- Estudios de la demanda de estacionamientos.
- Estudio de acumulación.
- Estudios limitados.

Para hacer estos estudios se considera que existen básicamente dos tipos de estacionamientos. El primero es el de estacionamientos en la calle que como se vió en el capítulo de Capacidad Vial, constituyen un factor muy importante que reduce la capacidad de las calles y que en ocasiones los carros estacionados en la calle ocupan el 33% de la misma. El segundo tipo de estacionamiento es el de fuera de la calle, el cual se da en los lotes, edificios, etc.

En base a dichos tipos de estacionamientos se hacen los estudios mencionados anteriormente para así, poder determinar la oferta y demanda existente de estacionamientos en una ciudad. En las gráficas-7 y 8 se presentan los resultados obtenidos de estudios realizados -- por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano para el D.F. y en -- ellos se presenta la localización de estacionamientos de servicio público en 1980 (oferta) y las zonas con déficit de estacionamientos debido a la demanda existente. El desequilibrio existente entre oferta y demanda de estacionamientos se ha agudizado por las nuevas prohibiciones en distintas calles de la ciudad, por lo que es indispensable llevar a cabo un programa substancial de construcción de estacionamientos.

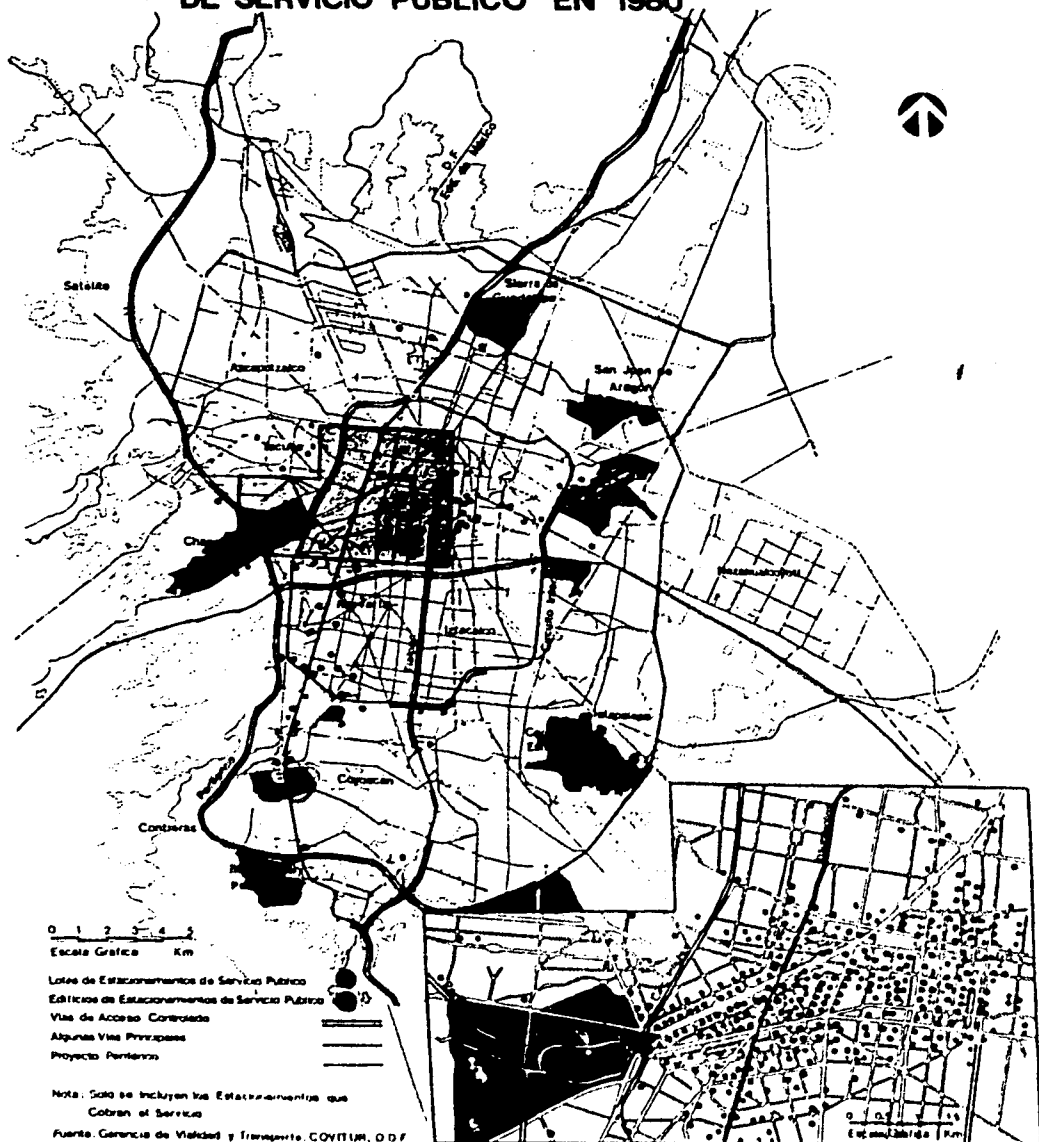
Se ha observado que al aumentar el tamaño de la población - disminuye la oferta de lugares para estacionamiento. Los datos que se han obtenido de dichas observaciones son las siguientes:

<u>Grupos de Ciudades</u>	<u>Número de espacios de estacionamiento disponibles para cada 1000 habitantes</u>
Menores de 25000.	90
De 500,000 ó más.	12

Los resultados que se han obtenido de estudios sobre el tiempo de duración de estacionamiento, son del siguiente tipo:

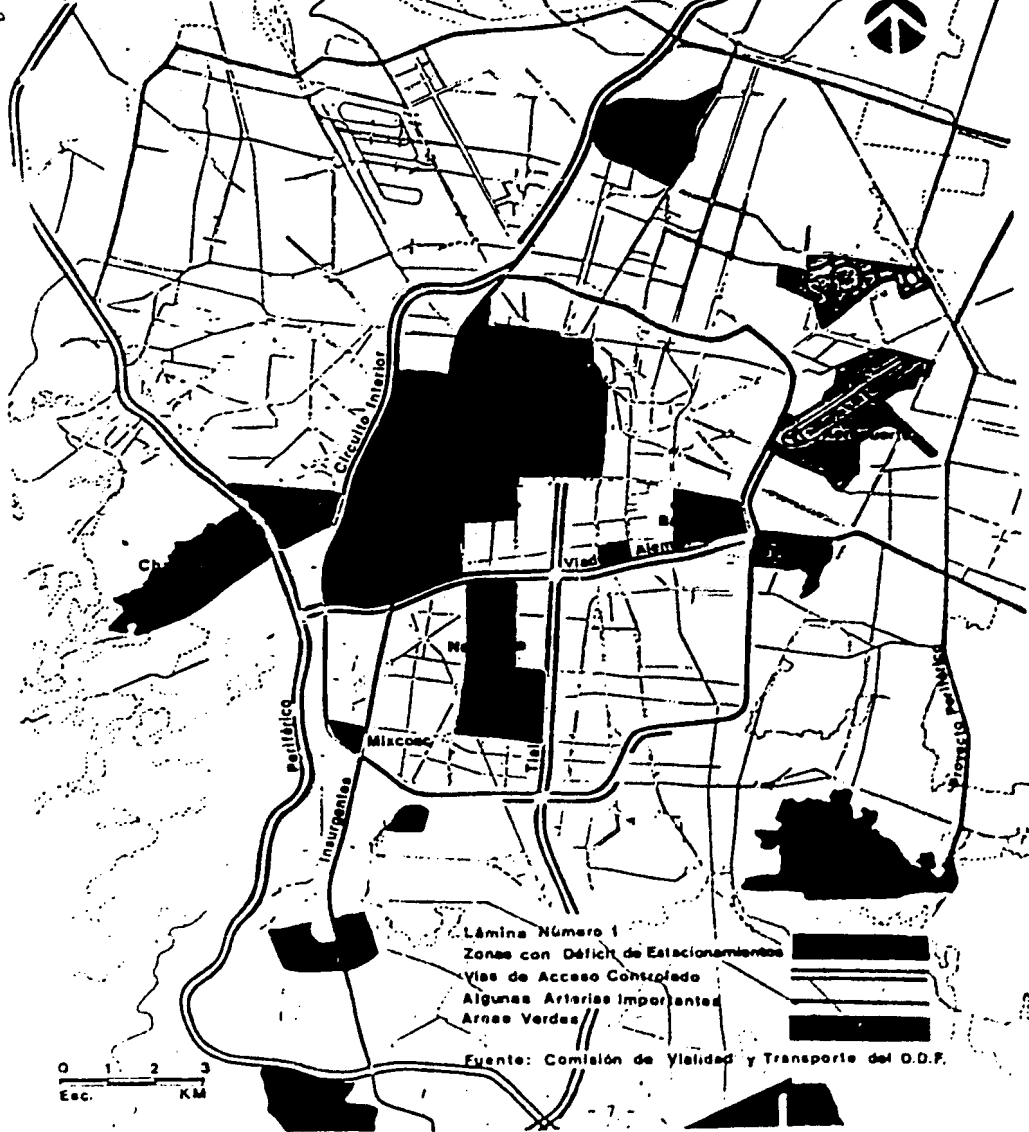
<u>Motivo del viaje</u>	<u>Duración de estacionamiento</u>
Compras	Promedio 1.1 horas
Negocios	Promedio 1.1 horas

LOCALIZACION DE ESTACIONAMIENTOS DE SERVICIO PUBLICO EN 1980



GRAFICA 7 (5)

ZONAS CON DEFICIT DE ESTACIONAMIENTOS



13

Lámina Número 1
Zonas con Déficit de Estacionamientos
Vías de Acceso Controlado
Algunas Arterias Importantes
Áreas Verdes

Fuente: Comisión de Vialidad y Transporte del O.D.F.

0 1 2 3
Esc. KM

(5)
GRAFICA 8

Trabajo Promedio 4.2 horas
 Otros Promedio 1.4 horas

Normas de Proyecto en México.

El Departamento del Distrito Federal hizo un estudio de todos los vehículos registrados para determinar las dimensiones de proyecto de los automóviles. El estacionamiento de los vehículos puede ser en cordón o paralelo, o bien en batería o ángulo.



EN CORDON (Paralelo)



EN ANGULO (Bateria)

El D.D.F. recomienda las siguientes dimensiones de proyecto:

Dimensiones Mínimas de los Cajones

Tipo de Automóvil	Dimensiones del cajón en metros.	
	En Bateria	En Cordón
Grandes y medianos	5.0 X 2.4	6.0 X 2.4
Chicos	4.2 X 2.2	5.0 X 2.0

Dimensiones Míminas para los Pasillos

Angulo de Cajón	Anchura del pasillo en metros	
	Grandes y Medianos	Chicos
30°	3.0	2.7
45°	3.3	3.0
60°	5.0	4.0
90°	6.0	5.0

Se cuenta con las siguientes recomendaciones generales para un proyecto de estacionamiento:

1.- Tipos de rampas:

- Rampas rectas entre plantas
- Rampas rectas entre medias plantas a alturas alternas
- Rampas helicoidales
- Estacionamiento en la propia rampa
- Por medios mecánicos

2.- Pendientes máximas de las rampas:

- Autoservicio 13%
- Por empleados 15%
- Estacionamiento en la propia rampa 6%

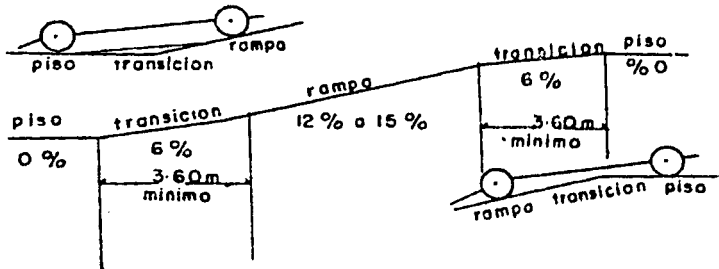
3.- Anchura mínima de las fajas separadoras centrales

- Rampas rectas 30 cm
- Rampas curvas 45 cm

4.- Altura máxima de las guarniciones: 15 cm

5.- Anchura mínima de los bordillos laterales: 30 cm

- 6.- Altura libre de los pisos: Primer piso, 2.65m y para los demás -
2.1 m mínimo.
- 7.- La superficie mínima recomendable para un edificio de estaciona -
miento con rampas es de 930m².
- 8.- La anchura mínima libre de las rampas en rectas será de 2.5m por -
carril.
- 9.- En rampas rectas con pendientes mayores del 12% deberán construir -
se tramos de transición en la entrada y la salida, de acuerdo con
la siguiente figura:



Aunque no existen normas o fórmulas para obtener la máxima-
capacidad de un lote en un proyecto de estacionamiento, en cualquier
proyecto se pueden aplicar las siguientes reglas básicas:

- Determinar la localización de entradas y salidas procurando que -
éstas siempre queden en calles secundarias y lo más alejadas que se-
pueda de las intersecciones.
- Las áreas de estacionamiento más eficientes son en las que el te-
rreno es de forma regular.

- c) Los pasillos de circulación en las áreas de forma irregular se deberán proyectar paralelos a los lados mayores.
- e) Los pasillos de circulación deberán ser útiles para dos baterías - de cajones de estacionamiento.
- f) En el perímetro del área del estacionamiento deberán proyectarse - cajones en batería.
- g) El movimiento y control vehicular interior deberá ser analizado - cuidadosamente para lograr el mayor grado de seguridad y eficiencia.
- h) El alumbrado deberá proyectarse después de haber obtenido el diseño óptimo de capacidad.
- i) Se aconseja considerar diversas alternativas de anteproyecto y es coger entre estas la que proporcione las mayores ventajas.

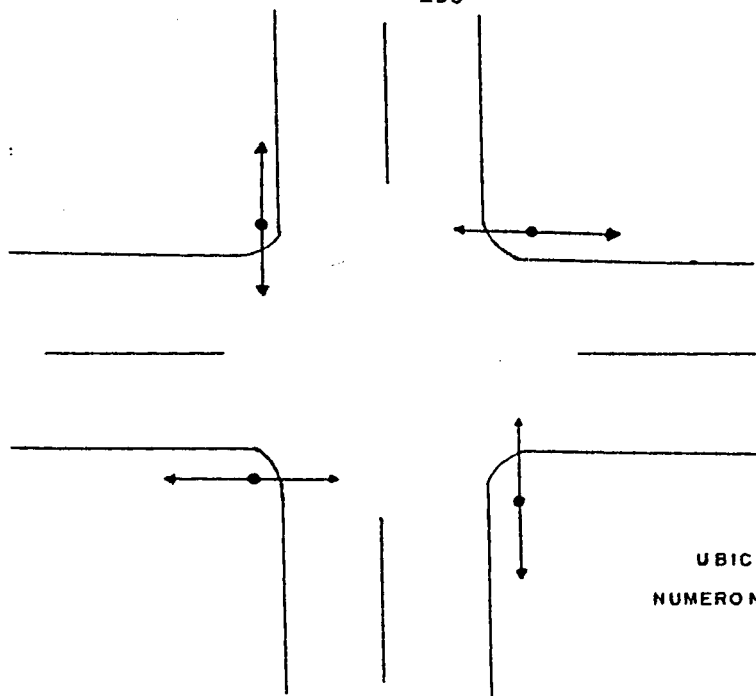
XV SEMAFOROS

El semáforo se puede definir como el aparato electromecánico proyectado para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones al permitir el paso alternado de las corrientes de tránsito por medio de indicaciones visuales en el camino.

Cuando se hacen los estudios adecuados antes de la instalación y operación de un semáforo en una intersección determinada, se pueden esperar resultados ventajosos como por ejemplo, ordenar la circulación del tránsito y, en ciertos casos, aumentar la capacidad de la calle, reducir la frecuencia de cierto tipo de accidentes, etc. Pero si el proyecto y operación de un semáforo o sistema de semáforos se lleva a cabo sin hacer el análisis adecuado de las intersecciones, se pueden presentar desventajas como el gasto no justificado para soluciones que se podían haber resuelto solamente con señales o en otra forma económica; demoras injustificadas a cierto número de usuarios, especialmente tratándose de volúmenes de tránsito pequeños, por la excesiva duración de luz roja o del tiempo total del ciclo, etc.

La cara de todo semáforo debe contar cuando menos con tres lentes: rojo, ámbar y verde. El montaje de los semáforos puede ser vertical en poste u horizontal en ménsula. Se recomienda que para cada acceso de una intersección controlada por semáforos se tengan dos caras de semáforos.

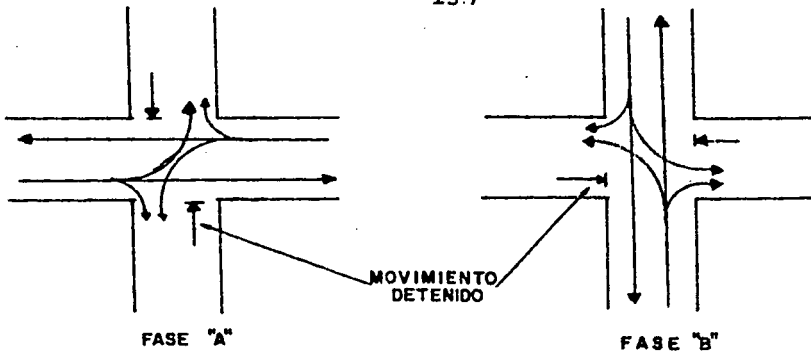
Cuatro aspectos muy importantes en el estudio de semáforos son los siguientes:



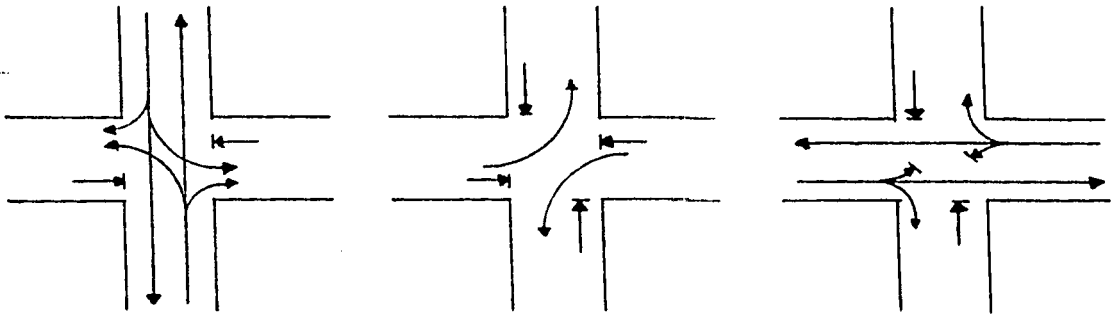
UBICACION DE SEMAFOROS
NUMERO MINIMO DE CARAS

1. Ciclo. - El ciclo es el período de tiempo que va desde la iniciación de una fase verde hasta la iniciación de la siguiente fase verde después de pasar por las distintas fases.
2. Fases. - Es la secuencia de movimientos que se presentan en el ciclo.
3. Reparto del ciclo. - Es la distribución cuantitativa del tiempo del ciclo en función de los volúmenes de tránsito básicamente.
4. Desfasamiento. - Es la diferencia de tiempo entre el encendido de la fase verde de un semáforo en un cruceo y el encendido de la fase verde del semáforo correspondiente al siguiente cruceo.

El ciclo de un semáforo debe tener la secuencia completa de fases, en el menor tiempo posible.



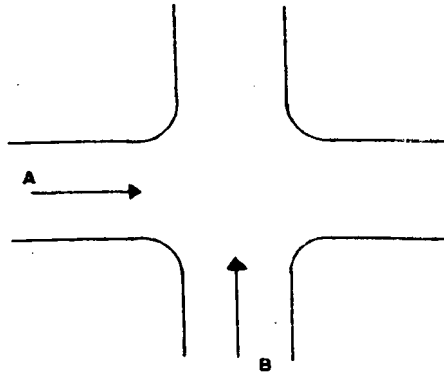
FASES USUALES



TRES FASES, UNA PARA VUELTA IZQUIERDA

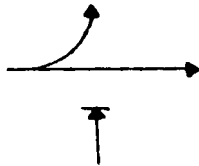
Los ciclos por lo general van de los 60 a los 110 segundos. Por otra parte, se pretende que los semáforos de los cruces no operen a más de dos fases.

Para determinar el reparto del ciclo se procede por tanteo - a partir de una duración de ciclo supuesta igual a T . Si se tiene por ejemplo, la intersección de dos calles "A" y "B".

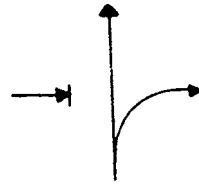


Se pueden determinar los volúmenes de tránsito durante la hora de máxima demanda para ambas calles que son V_a y V_b .

Las fases de un ciclo en esta intersección son las siguientes:



FASE "A"



FASE "B"

Para hacer el reparto del ciclo, a partir de los datos que se conocen, se tienen las siguientes ecuaciones simultáneas:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{V_a}{V_b} \quad \text{_____} \quad (1)$$

$$T_a + T_b = T \quad \text{_____} \quad (2)$$

Donde: T_a = Tiempo de duración de la fase "A" ;

T_b = Tiempo de duración de la fase "B"

Estos cálculos elementales le permiten a uno darse una idea de los tiempos de duración de las fases de un ciclo, y a partir de ello se hacen cálculos más exactos considerando otros factores importantes como por ejemplo el tiempo necesario para cruce de peatones, las condiciones geométricas de la intersección, etc.

Tipos de Semáforos.

Los semáforos pueden ser del siguiente tipo:

1.- De tiempo fijo.

2.- Accionados por el tránsito

Semiaccionados
Totalmente accionados.

1. Los semáforos de tiempo fijo se utilizan en intersecciones donde los patrones de tránsito son relativamente estables y en ellos el Ingeniero puede programar:

a) Duración del ciclo

b) Reparto del ciclo

c) Desfasamiento

d) Secuencia de fases.

La duración y reparto del ciclo se determinan en función de los volúmenes de tránsito, mientras que el desfasamiento se determina en función de la velocidad de proyecto de la arteria.

Los semáforos de tiempo fijo se deben instalar si se cumplen con uno o más de los siguientes requisitos:

a) Volumen mínimo de vehículos.

Número de carriles por acceso		Veh. por hora en calle principal (ambos accesos)	Veh. por hora en acceso de mayor volumen de calle secundaria (1 sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

b) Interrupción del tránsito continuo

Número de carriles por acceso		Veh. por hora en calle principal (ambos accesos)	Veh. por hora en acceso mayor volumen de calle secundaria (1 sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

c) Volumen mínimo de peatones:

Si se cumplen los siguientes requisitos:

Calle principal: volumen \geq 600 veh/hora (ambos sentidos)

Calle principal: volumen \geq 1000 veh/hora (si tiene camellón)

Si cruzan 150 o más peatones por hora

d) Movimiento progresivo

Debe haber un movimiento continuo de vehículos para tener sistemas interconectados de semáforos.

e) Antecedentes de accidentes.

Deben ocurrir 5 o más accidentes al año.

f) Combinación de los requisitos anteriores.

Cuando se presenta, mínimo, el 80% de los valores de dos o más de los requisitos anteriores.

2. Los semáforos accionados por el tránsito son aquellos en que la duración de los ciclos depende en general, de las variaciones en la demanda de tránsito vehicular. Se recomienda el uso de este tipo de semáforos en zonas aisladas y suburbios.

En estos semáforos la demanda de volúmenes de tránsito que hay en la intersección es registrada por aparatos detectores conectados al control del semáforo. Debido a esto, el control puede sufrir ajustes continuamente en la duración del ciclo, y, por consiguiente, en la duración de las fases. Cuando los volúmenes de tránsito son importantes en los dos accesos, se colocan detectores en ambos y se considera que los semáforos tienen control totalmente accionado por el tránsito. Pero, si los volúmenes de tránsito solo son importantes en una de las arterias, a esta arteria principal se le da el derecho de paso y se coloca un detector en el acceso de la calle transversal para que se le conceda el derecho de paso cuando se detecten volúmenes de tránsito en ella. Estos semáforos entonces, tienen un sistema de control semiaccionado por el tránsito.

Coordinación de Semáforos.

Se considera que los semáforos de tiempo fijo dentro de un -

radio de 400m y que controlan los mismos volúmenes de tránsito, deben funcionar coordinadamente.

Las principales sistemas de coordinación de semáforos utilizados son los siguientes:

1) Sistema Simultáneo.

En este sistema todos los semáforos presentan la misma fase al mismo tiempo. Es útil para coordinar cruceros muy cercanos, principalmente cuando los volúmenes de tránsito son altos. Las duraciones de los ciclos y las fases están determinadas por el ó los cruceros más importantes.

2) Sistema alternado.

En este sistema, en un grupo de semáforos, los de cruceros cercanos van a presentar fases alternadas a lo largo de una ruta. Este sistema no es muy recomendable cuando las cuabras son desiguales en su longitud.

2) Sistema Progresivo Simple.

Es a base de varios semáforos sucesivos en los cuales se va presentando la indicación de una fase. (Por ejemplo: SIGA): con una determinada variación de tiempo. Con este sistema se puede operar con grupos de vehículos o "pelotones" a una cierta velocidad promedio.

4) Sistema Progresivo Flexible.

Este sistema es igual al anterior, con la particularidad de que aunque todo el sistema tiene un ciclo común, la duración y subdi

visión de este puede variar en función de los volúmenes de tránsito que se tengan.

Es posible optimizar el funcionamiento de los semáforos al sincronizarlos, de tal manera que, conforme los vehículos avancen, - vayan cambiando a "siga". Esto ya ha sido llevado a la práctica con buenos resultados parciales., sin embargo, queda mucho por hacer. Actualmente, la ciudad cuenta con 1,643 cruceros controlados por semáforos, de los cuales 128 tienen controles electrónicos.

Debido al gran incremento de habitantes y vehículos en las zonas urbanas, el problema del tránsito se ha convertido en uno de los principales problemas de la humanidad. Por ello, el propósito fundamental de este trabajo fué el de proporcionar los elementos básicos de la Ingeniería de Tránsito y que sirvan de orientación y ayuda a todos aquellos que pretendan atacar dicho problema.

B I B L I O G R A F I A

- (1) Cal y Mayor, Rafael. Ingeniería de Tránsito. Co-Editores: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. y Asociación Mexicana de Caminos, A.C. México, 1978.
- (2) Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Traducción del "Manual of Traffic Engineering Studies" del Instituto de Ingenieros de Tránsito (Institute of Traffic Engineers). Co-Editores: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. y Asociación Mexicana de Caminos, A.C. México, 1971.
- (3) Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. México 1977.
- (4) Manual para Diseño de Caminos. Petróleos Mexicanos. México, 1970.
- (5) Problema de la Circulación Vial de la Ciudad de México y su Posible Tratamiento. Publicación de la Cámara Nacional de Comercio de la Ciudad de México. Asesores: Planificación, Estudios y Obras, S. de R.L. Mexico, 1981.
- (6) Revista Grupo I.C.A. IV Epoca Año 24 No. 11. México, Junio de - - 1980.