



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

29  
16

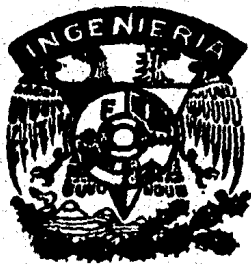
INGENIERIA DE TRANSITO

Trabajo Escrito

Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL

presenta

PEDRO AQUINO VELEZ



MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

ANTECEDENTES Y EVOLUCION DEL TRANSPORTE .....	1
PROBLEMA ACTUAL .....	4
FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA Y SU SOLUCION .....	6
EL USUARIO .....	10
EL VEHICULO .....	17
EL CAMINO .....	30
PLANIFICACION VIAL URBANA .....	49
VOLUMEN DE TRANSITO .....	51
VELOCIDAD .....	52
CONGESTIONAMIENTO .....	60
CAPACIDAD VIAL .....	61
ACCIDENTES .....	76
ORIGEN Y DESTINO .....	82
TRANSPORTE PUBLICO .....	85
ESTACIONAMIENTOS .....	89
SEMAFOROS .....	96

## ANTECEDENTES HISTORICOS .-

Según estudios hechos a restos humanos y objetos -- arqueológicos aproximadamente el ser humano existe en la tierra desde hace unos 100,000 años. Se considera que -- este aprendio la agricultura hace apenas unos 10,000 -- años. Así mismo, las antiguas civilizaciones alcanzaron su esplendor hace 6,000 años aproximadamente. Algunos -- antropólogos consideran que la rueda se invento hace -- unos 5,000 años. Sin embargo la rueda más antigua data apenas de 3,000 años a.c. y fué encontrada en la " Tumba de la Reina " en las ruinas de la antigua ciudad de UR -- ubicada en Mesopotamia (Asia Menor). 500 años a.c. los cartagineses construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del mediterráneo. Entre los años 830 y 350 a.c. los etruscos construyeron caminos antes de la fundación de Roma. Sin embargo Herodoto (484 - 425 a.c.) mencionaba que los caminos de piedra -- más antiguos fueron construidos por el rey KEOPS de Egipto ya que fueron requeridos para la construcción de las pirámides. Pero los primeros en construir caminos en -- forma científica fueron los Romanos iniciando la construcción de la Vía Appia en el año 312 a.c.

Las culturas precolombinas de América realizaron -- verdaderas obras de ingeniería dada la topografía del lugar, por ejemplo : los INCAS (1100 a.c.) y " Los caminos blancos " de los Mayas formados con terraplenes de uno y dos metros de elevación, los cuales estaban cubiertos en su superficie por piedra caliza. En ambos casos aunque -- no fueron construidos para vehículos si denotaban un -- tránsito importante de personas. Así mismo los Toltecas,

Los Aztecas y otros pueblos dejaron huella de una avanzada técnica en la construcción de caminos.

Durante los siglos I, II y III, el imperio Romano fue factor dominante para la comunicación desde Portugal a China. En los siglos IV, V y VI desaparece la red caminera y se retorna a la bestia de carga con la declinación del imperio. En el siglo VII el sistema feudal fuerza la reducción de la población y los viajes. En el siglo VIII el comercio vuelve a extenderse a través de rutas terrestres, precedido por la invasión de los Vikingos, desde el norte, y de los sarracenos, desde el sur. En el siglo IX la economía feudal y las guerras civiles incluyendo la invasión de los turcos, contrarrestan la conservación de las rutas terrestres y el comercio. En el siglo X con la iniciación de la edad media se incrementó la población, comercio y el tránsito donde influyeron los Vikingos del norte, los mercaderes de Venecia y el contacto con el lejano Oriente. En el siglo XI con las cruzadas se habren muchos caminos, se incrementa la población y los viajes. Durante los siglos XII y XIII el incremento del transporte y del tránsito -- llega a un máximo. En el siglo XIV hay una reducción debida al deterioro social y económico que mina la sociedad -- feudal. En el siglo XV resurge el tránsito restringido a causa de la guerra de los 100 años entre Francia e Inglaterra. En el siglo XVI la población Europea se duplica y el tránsito se multiplica en razón directa. En este mismo -- siglo los Españoles inician la construcción de caminos en América. En el siglo XVII se multiplican los vehículos -- tirados por animales. El siglo XVIII marca la iniciación de la era moderna. El tránsito se incrementa y se introduce el cobro de cuotas de peaje. El siglo XIX es la --- " Epoca de oro " de las diligencias y se empieza a experi-

mentar con vehículos de autopropulsión. El Ferrocarril de vapor inicia servicios comerciales en Inglaterra entre --- 1825 y 1830 de 1837 a 1876 el Ferrocarril se coloca al --- frente como medio de transporte, quedando los caminos rele gados a segundo termino. A fines del siglo XIX aparece el automóvil con motor de gasolina considerado como artefacto de lujo y deportivo y por los obstáculos que tuvo en su -- desarrollo se considera que su florecimiento se inicia a -- principios del siglo XX. Con lo cual como se vé de los -- 100,000 años que el ser humano tiene en la tierra el vehí- culo automotor tiene apenas 80 años lo cual lo ubica como una novedad comparado con nuestros caminos y ciudades.

El español Sebastian de Aparicio introdujo la carreta en América en el siglo XVI, entre 1540 y 1550 construye la primer carretera en América entre México y Veracruz y más- tarde construye la México - Zacatecas.

PROBLEMA ACTUAL .-

Se considera que en México el sistema carretero moderno se inicia en el año de 1925. Anterior a ésta fecha los caminos que se construyen eran aptos para las diligencias y para las bestias de carga. A pesar de que, ya en 1924 México contaba con 42,858 vehículos de motor que requerían superficies de rodamiento especiales, hasta 1926 se contruye la carretera México - Puebla. Para 1930 ya se habían desarrollado casi en su totalidad todas las carreteras que inciden al D.F., para ésto en 1936 comienza a operar en Alemania Federal la primer autopista de Frankfort a Hamburgo. En los Estados Unidos de Norteamérica se abre al tránsito la primera en 1938, para 1946 contaba con 1900 Km de autopistas y ya estaban proyectados 3000 Km más. Después de la segunda guerra mundial se aprobó un plan para integrar un sistema de 64,000 Km de autopistas en ese país. En México no es sino hasta el año de 1953 que comienza a operar la primera y fué la de México - Cuernavaca. Como se vé México no comenzó a construir caminos adecuados sino hasta hace poco, y el crecimiento de los vehículos a sido desmedido.

Estadística del incremento de automóviles en México, U.S.A. y el Mundo :

TABLA No. 1

ANO	MEXICO	U.S.A.	MUNDO
1895			

1898	1er. Autom6vil		
1924	43,000	17,600,000	
1940	146,000	32,000,000	45,000,000
1975	3,500,000	133,000,000	320,000,000

El trazo de la ciudad de México es de origen Español y se basa en ejes ortogonales formando cuadrículas. Sin embargo, los españoles no fueron los inventores de este sistema, sino que lo recibieron como herencia a su vez de otros pueblos. Según los historiadores atribuyen a Hipodamos su invención, ya que según éstos después de la derrota Persa y la destrucción total de la ciudad de Mileto se le encomendó a éste su reconstrucción, Hipodamos se basó en un tablero de ajedrez para planificar dicha ciudad. Esta forma de construir las ciudades fue la ideal hasta que apareció el automóvil, ya que éste quedó totalmente fuera de escala. Por lo que el problema radica básicamente como se ve en la disparidad que hay en el trazo antiguo y el vehículo moderno.



## FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA Y SU SOLUCION .-

1.- El Vehículo .- Existen vehículos con diferentes características como són : Dimensiones, Velocidades y Aceleraciones, las cuales al utilizar el mismo camino generan distintas necesidades por lo cual es un factor del problema.

2.- La superposición de los vehículos modernos en los caminos existentes de trazo antiguo .- Si además de las diferentes características del vehículo moderno sumamos que las calles son angostas, desfasadas, con fuertes pendientes y con obstrucciones intermedias propias del trazo antiguo vemos que el problema se agudiza.

3.- Falta de planificación en el tránsito .- A pesar de que se tiene el antecedente ya del trazo se sigue construyendo con especificaciones inoperantes en la actualidad, - se siguen haciendo las cosas sin base técnica, no se considera la importancia de los estacionamientos y otra serie de obras complementarias de un camino.

4.- El automóvil no considerado como necesidad pública. - El automóvil realmente ya no es un lujo sino una necesidad por el tipo de vida actual.

5.- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario .- La legislación y reglamentos de tránsito son anacrónicos y fuerzan realmente al usuario para su cumplimiento. Se deben actualizar normas y leyes dependiendo del avance de la vida moderna. Se debe dar educación vial tanto al peatón como al conductor, de manera que a través de los conceptos elementales se concientice realmente el problema del tránsito tanto por unos como por otros.

## TIPOS DE SOLUCION .-

Existen tres tipos de solución, en función de la capacidad de las calles. Esto es sin considerar una nueva legislación o una permanente educación vial.

1.- Solución integral .- Ya que el problema fundamentalmente radica en el vehículo moderno y el trazo antiguo, la solución es crear nuevos tipos de caminos acordes a las necesidades reales del vehículo. Sin tomar consideraciones en los costos.

2.- Solución parcial de alto costo .- En este tipo de solución se requieren fuertes inversiones, ya que para la ampliación de avenidas hay que indemnizar a todos los afectados. Así mismo en la creación de intersecciones canalizadas o modificar intersecciones rotatorias.

3.- Solución parcial de bajo costo .- En este caso no se da la solución óptima como sería la de alto costo, sin embargo se trata de aprovechar al máximo las condiciones existentes con el mínimo de obra material y el máximo de funcionalidad vial.

La experiencia demuestra que en cualquier tipo de solución existen tres elementos que trabajando eficientemente van a dar un tránsito seguro y eficiente, y son :

- a) Ingeniería de tránsito
- b) Educación vial

c) *Legislación y vigilancia policiaca*

**METODO PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE TRANSITO .-**

A) *Recopilación de datos*

B) *Análisis de los datos*

C) *Proposición concreta y detallada*

D) *Estudio de los resultados obtenidos*

*Ingeniería de tránsito .- Es la ciencia que estudia el movimiento de personas y vehículos en un camino.*

*La ingeniería de tránsito analiza detalladamente los siguientes conceptos :*

A) *Características del tránsito*

B) *Reglamentación del tránsito*

C) *Señales y aparatos de control*

D) *Planificación vial*

E) *Administración*

*Es decir, se analizan los diversos factores y características de los vehículos y de los usuarios, los reglamentos de tránsito, su legitimidad y eficacia, así como sus -*

sanciones y modificaciones para mejorar los proyectos, construcción, uso y conservación de señales, iluminación y aparatos de control. La realización de investigaciones tales como el crecimiento demográfico, tendencias al aumento de vehículos de determinadas características, así también la demanda de movimientos de una zona a otra. Además el ingeniero en tránsito debe generalmente encontrar soluciones óptimas al menor costo posible. Debe considerar aspectos de tipo políticos, fiscal, de sanciones, de relaciones públicas etc.

## EL USUARIO .-

El peatón .- Considerando los grandes flujos de peatones que transitan en las aceras lo hacen ser un factor principal en el problema de tránsito. El número de accidentes de tránsito donde interviene el peatón son elevadísimos y generalmente son : al cruzar fuera del paso de peatones en las esquinas, al caminar sobre el arroyo, al salir atrás de un vehículo estacionado, al cruzar una intersección sin semáforos. De éstos un gran porcentaje muere o queda con lesiones irreversibles. Generalmente el peatón tiene que ser muy hábil en sus movimientos de tránsito diario, ya que de ésta habilidad va a depender su seguridad.

De esto se concluye que se requiere de una permanente y eficaz educación vial que garantice la seguridad del peatón al mezclar al vehículo en su vida diaria.

Conductor .- Es el que conduce, el que controla el vehículo. Ser conductor es una gran responsabilidad ya -- que un parpadeo puede acabar con muchas vidas o por lo menos con la propia. Las estadísticas nos dicen que " El vehículo automotor, sin la preparación previa del individuo a través de la educación vial, se convierte en un arma homicida ". En México existen aproximadamente 3 conductores por vehículo.

## LIMITACIONES DEL USUARIO .-

Visión .- Los defectos más comunes son : Miopía, -- Presbicia, Astigmatismo, Estrabismo, Daltonismo, etc.

*Visión de tunel .-* Algunas personas no distinguen fuera de cierto cono de visión, si éste es menor de  $140^\circ$  no debe de manejarse. Generalmente una persona normal - viendo de frente abarca un cono de  $180^\circ$  percatándose de lo que ocurre más no se distinguen detalles.

Según las características del ojo humano todos los conductores sufren a alta velocidad un efecto similar a la visión de túnel. Esto quiere decir que dependiendo de la velocidad que se lleve se tendrá un cierto ángulo de visión. A mayor velocidad se enfocará la visión más lejos reduciéndose el ángulo de visión y presentándose ahí el fenómeno llamada visión de tunel, al cuál están expuestos todos los conductores.

Por ejemplo : A una velocidad de 90 Km/h el ángulo de visión se reduce a  $40^\circ$  y la visión del conductor estará fija a una distancia de 450 m.

*Reacción física o reacción condicionada .-* Es --- aquella destreza que se adquiere a través de la repetición de actos o movimientos, estos pueden ser auditivos, visuales o sensitivos.

*Reacción psicológica .-* Es una reacción que se da después de todo un proceso mental que termina en una decisión. Estas reacciones se pueden ver afectadas por -- las emociones así como por las facultades del individuo.

De una u otra manera una reacción nos lleva tiempo. Aproximadamente se tarda el usuario 0.25 seg. en percatarse del cambio de luz roja a luz verde.

*Distancia de parada .- Depende del tiempo de percepción del tiempo de reacción y del tiempo de frenado.*

*Dp = Distancia de parada*

*DP = Distancia de percepción*

*DR = Distancia de reacción*

*DF = Distancia de frenado*

*Dp = DP + DR + DF*

*Para proyecto generalmente se desprecia la distancia de percepción, por su difícil obtención. Para tiempo de reacción se puede tomar entre 0.75 seg. a 1.0 seg. La distancia de frenado depende de la fricción, peso, número de ejes, tipo de pavimento etc.*

*Según la fórmula del movimiento uniformemente acelerado y considerando que al frenar la aceleración es negativa:*

$$d = vt - \frac{at^2}{2}$$

*v = Velocidad en el momento de aplicar los frenos.*

*t = Tiempo*

*a = Aceleración*

*d = Distancia recorrida*

La velocidad que lleva el vehículo se conoce, por otro lado lleva una fuerza que vale :

$$F = ma$$

$$m = \text{masa del vehículo}$$

Esta fuerza se contrarresta con otra igual para que se pueda detener el vehículo :

$$F = fp$$

$$p = mg$$

$f$  = Coeficiente de fricción entre llantas y superficie de rodamiento.

$$p = \text{peso del vehículo}$$

$$g = \text{Aceleración de la gravedad}$$

$$m = \frac{p}{g}$$

$$\frac{p}{g} a = fp$$

$$a = \frac{fp g}{p}$$

$$a = fg$$

$$v = at$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{v}{fg}$$



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

Por lo que ya teniendo todo en función de datos conocidos

$$d = (v) \frac{(v)}{g} - \frac{(g)}{2} \left(\frac{v}{g}\right)^2$$

$$d = \frac{v^2}{g} - \frac{(g)}{2} \frac{v^2}{g^2}$$

$$d = \frac{v^2}{g} - \frac{v^2}{2g}$$

$$d = \frac{2v^2 - v^2}{2g}$$

$$d = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \text{km/h}$$

$$g = \text{m/seg.}^2$$

$$d = \text{m}$$

$$d = \frac{v^2}{2g} \frac{(\text{km/h})^2}{26 (9.81 \text{ m/seg.}^2)} \frac{(1000 \text{ m})^2}{(1 \text{ km})^2} \frac{(1 \text{ h})^2}{(3600 \text{ seg})^2}$$

$$d = \frac{v^2}{254.6}$$

$$d = 0.00394 \frac{v^2}{6}$$

$$d = \frac{394}{1000} \frac{v^2}{f} = \text{Distancia de frenado en metros}$$

Distancia de visibilidad .- Es la distancia mínima para poder maniobrar en una emergencia.

VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA DE ENFOQUE (m)
32	150
60	300
80	450

Distancia para detener un vehiculo que va a 35 Km/h

CONDICIONES DE FRENOS Y CAMINOS.	REACCION RAPIDA 0.2 SEG. REAC-- CION + FRENADO= TOTAL.	REACCION NORMAL 0.5 SEG. REAC-- CION + FRENADO= TOTAL.	REACCION COM PLETA 0.8 -- REACCION + -- FRENADO = TO TAL.
----------------------------------	--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

F. EXCELENTES,  
PAVIMENTO DE

$$1^a. f = 1.35 \quad 2+3.5=5.5 \quad 4.9+3.5=8.4 \quad 7.8+3.5=11.3$$

FRENOS BUE-

$$NOS f=1.00 \quad 2+4.8=6.8 \quad 4.9+4.8=9.7 \quad 7.8+4.8=12.6$$

FRENOS PRO-

$$MEDIO f=0.60 \quad 2+8.0=10.0 \quad 4.9+8.0=12.9 \quad 7.8+8.0=15.8$$

FRENOS LEGA-

LES  $f=0.45$      $2+10.4=12.4$      $4.9+10.4=15.3$      $7.8+10.4=18.2$

CONDICIONES ADVERSAS

PAVIMENTO --

RESBALOSO --

$f = 0.20$      $2+24.0=26.0$      $4.9+24.0=28.9$      $7.8+24.0=31.8$

EL VEHICULO .-

El vehículo es el principal causante del problema de tránsito por el alto crecimiento que ha tenido en tan corto tiempo en el mundo entero.

TABLA No. 2

ANO	No. DE VEHICULOS EN EL MUNDO.
1939	44,600,000
1950	63,200,000
1960	121,500,000
1975	320,800,000.
1980	≈ 390,000,000
1982	≈ 400,000,000

Según el censo mundial de vehículos de 1976 destacan en:

TABLA No. 3

AFRICA	SUDAFRICA	2,226,000 VEHIC.
ASIA Y ORIENTE MEDIO	JAPON	17,638,634 "
EUROPA	ALEMANIA OCCIDENTAL	19,180,000 "

NORTE Y CENTRO AMERICA	ESTADOS UNIDOS	109,675,000 VEHIC.
AMERICA DEL SUR	BRASIL	6,348,616 "
OCEANIA	AUSTRALIA	5,262,000 "

México contaba con 2,641.023 Vehículos ocupando el 2º -- lugar en América Latina sólo después de Brasil. Estos datos se refieren únicamente a automóviles sin considerar camiones, autobuses, motocicletas, motobicicletas y bicicletas. Sin -- embargo casi en la misma proporción los países ennumerados -- cuentan con los otros tipos de vehículos.

Según el censo de 1975 de vehículos en la República Mexicana destacan en orden descendente :

TABLA No. 4

1.- DISTRITO FEDERAL	1,799.471 VEHIC.
2.- JALISCO	293.283 "
3.- BAJA CALIFORNIA NORTE	190.183 "
4.- CHIHUAHUA	184.681 "
5.- EDO. DE MEXICO	182.059 "
6.- NUEVO LEON	145.572 "
7.- TAMAULIPAS	145.572 "

Esto es considerando autom6viles, autobuses, camiones y motocicletas.

Uso del veh6culo .- Seg6n los viajes el mayor porcentaje es destinado a asuntos de trabajo :

TABLA No. 5

TRABAJO	41.2 %	71.4 %
NEGOCIOS	4.6 %	18.7 %
COMPRAS	11.8 %	18.4 %
EDUCACION	1.3 %	24.7 %
RECREACION	0.6 %	16.0 %

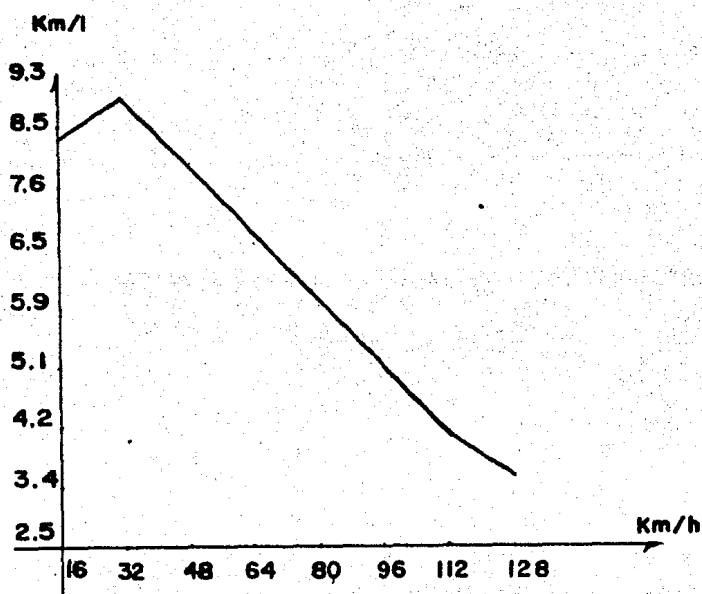
En m6xico en 1973 seg6n un estudio que llev6 a cabo - la direcci6n de planificaci6n del D.D.F. a usuarios de estacionamientos se obtuvieron los siguientes porcentajes:

TABLA No. 6

TRABAJO	47.9 %
EDUCACION	24.9 %
COMPRAS	18.4 %
RECREACION	1.9 %
NO ESPECIFICADO	8.0 %
	<hr/>
	100 %

Rendimiento .- A mayor velocidad se consume más combustible.

Probando diferentes marcas y modelos se encontró que hay una velocidad óptima para el consumo de gasolina.



GRAFICA No. 3.2.1

Rendimiento promedio de automoviles (EE.UU.)

De la gráfica se observa que entre 16 y 32 Km/h aumenta el rendimiento y que arriba de ésta velocidad el rendimiento es menor.

*Ocupación del vehículo .-* Según estudios de la Secretaría de Obras Públicas, hechos en diferentes puntos de la red de caminos federales en 1965, se obtuvo en viajes foráneos un promedio de 2.9 ocupantes por automóvil y 23.4 para autobuses. En el D.F. entre 1972 y 1976 en diferentes estudios se obtuvo entre 1.6 y 1.8 ocupantes por automóvil.

*Causas de accidentes .-* Las principales fallas mecánicas y más comunes que generan accidentes son : Falta de luces traseras, falta de luces delanteras, frenos en mal estado, llantas lisas, dirección en mal estado, limpiadores deficientes o ausencia de éstos, falta de espejos y bocina.

*Dimensiones de vehículos .-* La dirección general de normas perteneciente a la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial es la encargada de autorizar o rechazar a fabricantes el que construyan vehículos con determinadas dimensiones. Por ejemplo :

Longitud defensa a defensa	4.40 - 5.80 m
Longitud de eje de rueda a eje de rueda	2.80 - 3.75 m
Ancho total	1.77 - 2.05 m
Altura total	1.53 - 1.74 m

Esto es, porque los vehículos requieren de determinado espacio mínimo para sus movimientos básicos como son : radio de giro, radio y sobreelevación de curvas, el radio de giro depende de la distancia entre ejes, el radio de las curvas estará en función de la topografía y la sobreelevación va a estar en función del radio y de la fricción.



*Anchura de vehiculo .-*

<i>Automóvil</i>	1.77 - 2.05%
<i>Camiones</i>	2.13 - 24.00%
	2.13 a 2.43 - 44.90%
	2.44 a 2.46 - 11.00%
	2.47 - 10.10%

En Japón se utiliza un ancho de carril mínimo de 3.50m lo mismo que en México aunque no siempre. La AASHTO recomienda 10' = 3.00m o 12' = 3.60m.

Corona es la superficie de rodamiento en un camino carretero y acotamiento es la faja lateral a ambos lados de la corona.

*Alturas .-*

	3.82 - 99.30%
	3.82 a 3.95 - 0.40%
	3.96 a 4.11 - 0.20%
	4.12 - 0.10%

En México predominan en puentes alturas mínimas de -- 4.50m aunque se está exigiendo a un mínimo de 5.00m libres.

El paso desnivel mas antiguo es el denominado la joya ubicado en Av. Insurgentes Sur y Calzada de Tlalpan.

Radios de Giro .-

MARCA	RADIOS DE GIRO MEDIDOS.	AASHTO PARA -- PROYECTO.
AUTOMOVILES	4.57 - 7.55	9.15
AUTOBUSES FORANEOS	9.15 - 14.00	15.25
AUTOBUSES URBANOS	9.00 - 14.90	15.25
ELECTROBUSES	12.50 - 13.40	15.25
CAMIONES	5.45 - 21.10	15.25

CARACTERISTICAS DE LOS VEHICULOS PARA PROYECTO (SEGUN NORMAS DE LA SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS. TABLA No. 3.2.1

C A R A C T E R I S T I C A S		VEHICULO DE PROYECTO TIPO					
		DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1525	
Longitud total del vehiculo	L	580	915	730	1,525	1,678	
Distancia entre ejes extremos del vehiculo	DE	335	450	610	1,220	1,525	
Distancia entre ejes extremos del tractor	DEc	-	-	-	597	915	
Distancia entre ejes del semirremolque	DEs	-	-	-	762	610	
Vuelo delantero	Vd	92	100	112	122	92	
Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61	
Distancia entre ejes tandem tractor	Tc	-	-	-	-	122	
Distancia entre ejes tandem semirremolque	Ts	-	-	-	122	122	
Distancia entre ejes interiores tractor	Dc	-	-	-	397	488	
Distancia entre ejes interiores semirremolque	Ds	-	-	-	701	793	
Ancho total del vehiculo	A	214	244	259	259	259	
Entre-via del vehiculo	EV	183	244	259	259	259	
Altura total del vehiculo	Ht	167	214-472	214-412	214-412	214-412	
Altura de los ojos del conductor	Hc	114	114	114	114	114	
Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61	
Altura de los faros traseros	H'f	61	61	61	61	61	
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	lo	10	10	10	10	10	
Radio de giro mínimo (cm)	Rg	732	1,040	1,281	1,220	1,372	
Peso total (kg)	Vehículo vacío	Wv	2,500	4,000	7,000	11,000	14,000
	Vehículo cargado	Wc	5,000	10,000	17,000	25,000	30,000
Relacion peso/potencia (kg/HP)	Wc/p	45	90	180	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A	C2	B, C3	C2-S1	C2-S3	
					C2-S2	OTROS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE -- EJES EXTREMOS ( DE ) ES MENOR -- QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO.	A	99	100	100	100	100	
	C2	30	90	99	100	100	
	C3	10	75	99	100	100	
	C2-S1	0	0	1	80	90	
	C2-S2	0	0	1	93	78	100
	C2-S3	0	0	1	18	90	98
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO.	A	98	100	100	100	100	
	C2	62	98	100	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	C2-S1	6	85	100	100	100	
	C2-S2	6	42	98	98	98	
	C2-S3	2	35	80	80	80	

CARACTERISTICAS DEL VEHICULO DE PROYECTO DE-335

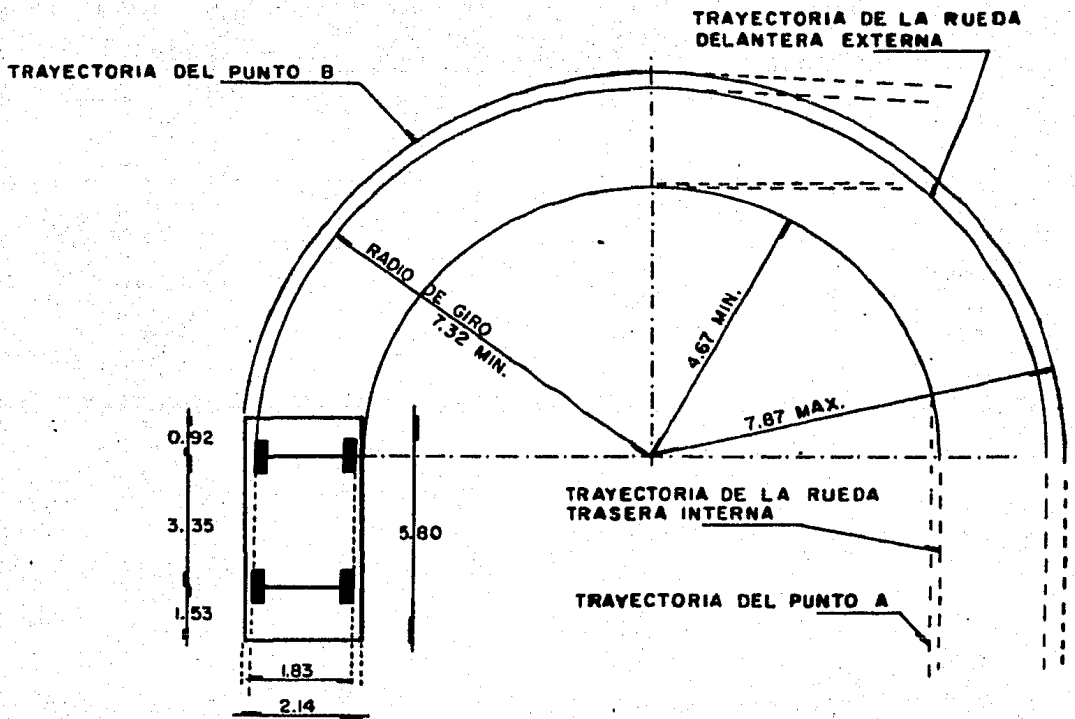


FIGURA No. 3.3.1

Radio y sobreelevación de curvas .-

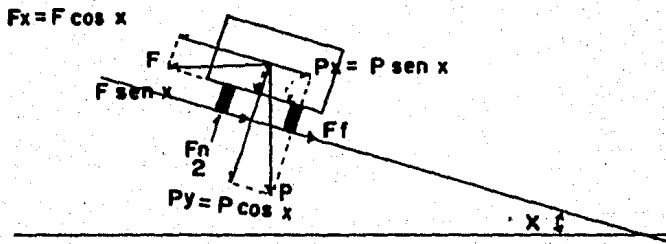
$$F = m.a$$

$$m = \frac{p}{g}$$

Aceleración en el movimiento circular =  $\frac{v^2}{r}$

$$F = \frac{p}{g} \frac{v^2}{r}$$

FIGURA No. 5.2.2



$$F_x = P_x + F_f$$

$$F \cos x = (P \sin x) + (F_n) (f)$$

$$F_n = (F \sin x + P \cos x)$$

$$F \cos x = (F \sin x + P \cos x) f + P \sin x$$

$$F \cos x = P \sin x + f F \sin x + f P \cos x$$

$$\frac{F \cos x}{\cos x} = \frac{P \sin x}{\cos x} + \frac{f F \sin x}{\cos x} + \frac{f P \cos x}{\cos x}$$

$$F = P \tan x + f F \tan x + f P$$

$$\tan x = S$$

$$F = \frac{P v^2}{g r}$$

$$\frac{P v^2}{g r} - \frac{f P v^2}{g r} S = P S + f P$$

$$\frac{v^2}{g r} = \frac{f + S}{1 - f S}$$

$$S + f = 0.0079 \cdot \frac{v^2}{r}$$

EJEMPLO :

Suponiendo una sobreelevación = 0.10 y .

Suponiendo un coeficiente de fricción máxima = 0.16

$$0.26 = 0.0079 \frac{v^2}{r}$$

$$r = 0.0304 v^2$$

Si el proyecto de una arteria será una velocidad de 100 Km/h, será necesario proporcionar un radio de curvatura de 304 m. que corresponde a una curva aproximada de  $3.6^\circ$

Costo de operación .- En el costo de operación se incluye la depreciación del vehículo, su conservación, reparación, gasolina, aceite, llantas, impuestos, póliza de seguro, estacionamiento, etc.

La suma de estos gastos se puede hacer en forma anual o por Km y depende : del tipo de vehículo, de su uso, de las características del conductor, de las características del tránsito, del lugar, así como de otros muchos factores que harán variar el costo de operación.

Ejemplo del costo de operación para un automóvil particular marca Renault - 5 modelo 1977 que transita en el D.F. a una velocidad promedio de 50 Km/h con un consumo de gasolina de 0.19 l/Km equivalente a \$0.86/Km así mismo con un consumo de aceite de 1 l/Km con un costo de \$0.018/Km. Considerando un promedio de vida de 50,000 Km para 5 llantas con valor de \$ 2,000.00 c/u, por lo que el costo será de \$0.20/Km, como el carro nuevo costó \$170,000.00 y considerando una vida útil de 250,000 Km la amortización será de \$0.686Km. Para reparaciones y conservación considerando un gasto anual de \$ 5,000.00 con un recorrido de 25,000 Km lo que da \$0.20 Km. Por concepto de seguro \$ 10,000.00 lo que da \$0.40/Km. Resumiendo :

GASOLINA	=	\$ 0.86 / Km
ACEITE	=	0.018 / Km
LLANTAS	=	0.20 / Km
AMORTIZACION	=	0.68 / Km
CONSERVACION Y REPARACION	=	0.20 / Km
SEGURO	=	0.40 / Km
COSTO DE OPERACION	=	<u>\$ 2.358 / Km</u>

*De acuerdo con costos vigentes 1982.*



## EL CAMINO .-

El camino es la parte del terreno condicionada para el tránsito de vehículos y personas incluye a las calles de -- una ciudad.

Partes integrantes de un camino en sección transversal.

- 1.- SUP. DE RODAMIENTO
- 2.- ACOTAMIENTO
- 3.- CUNETETA
- 4.- TALUD DE CORTE
- 5.- CONTRACUNETETA
- 6.- DRENAJE TRANSVERSAL
- 7.- TALUD DEL TERRAPLEN
- 8.- MATERIAL IMPERMEABLE

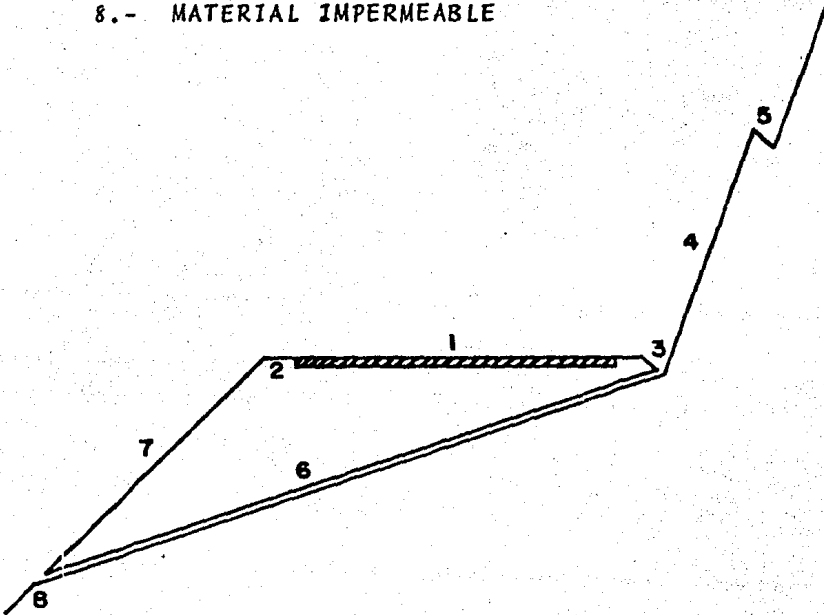


FIGURA No. 3.3.1

Los caminos se clasifican según su transitabilidad en : Pavimentados, revestidos y de terracerías. Según la dependencia que los tiene a su cargo en : Federal, - Estatal, Vecinal y de Cuota. Según la clasificación -- técnica oficial será especial si el tránsito promedio -- diario es superior a 3000 vehículos y un tránsito hora- rario máximo mayor de 360 vehículos, tipo A si está entre 1500 a 3000 y de 180 a 360. Tipo B si está entre 500 a 1500 y de 60 a 180. Tipo C si anda entre 50 a 500 y de 6 a 60 y será tipo brecha para un tránsito promedio día- rio hasta de 50 vehículos y un tránsito horario hasta - de 6 vehículos. Según su capacidad que ya está cubier- ta en la clasificación técnica pueden ser : Autopista - cuando son de cuatro o más carriles; camino de tres ca- rriles, de dos carriles y brecha.

La AASHTO recomienda que la sección transversal de un camino de dos carriles debe de tener la superficie - de rodamiento mínimo 7.20 o sea 3.60 con acotamiento de cada lado de 2.50 m. Sin embargo normas geométricas -- del camino.

En curvas la sección transversal es menor que en - tangente y la sobreelevación máxima debe ser del 10%.

Rampa es todo tramo de calzada o elemento que sir- ve de liga entre dos tramos del camino en una intersec- ción.

- LC = LONGITUD DE CURVA
- PI = PUNTO DE INFLEXION
- PC = PUNTO DE CURVA
- PT = PUNTO DE TANGENCIA
- $\Delta$  = DEFLEXION DE LA CURVA

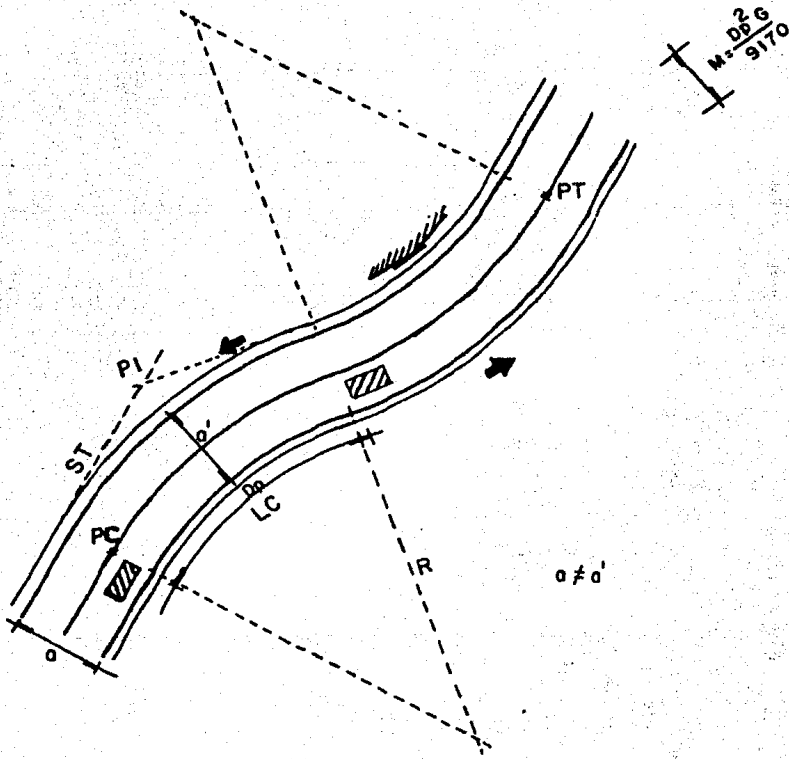
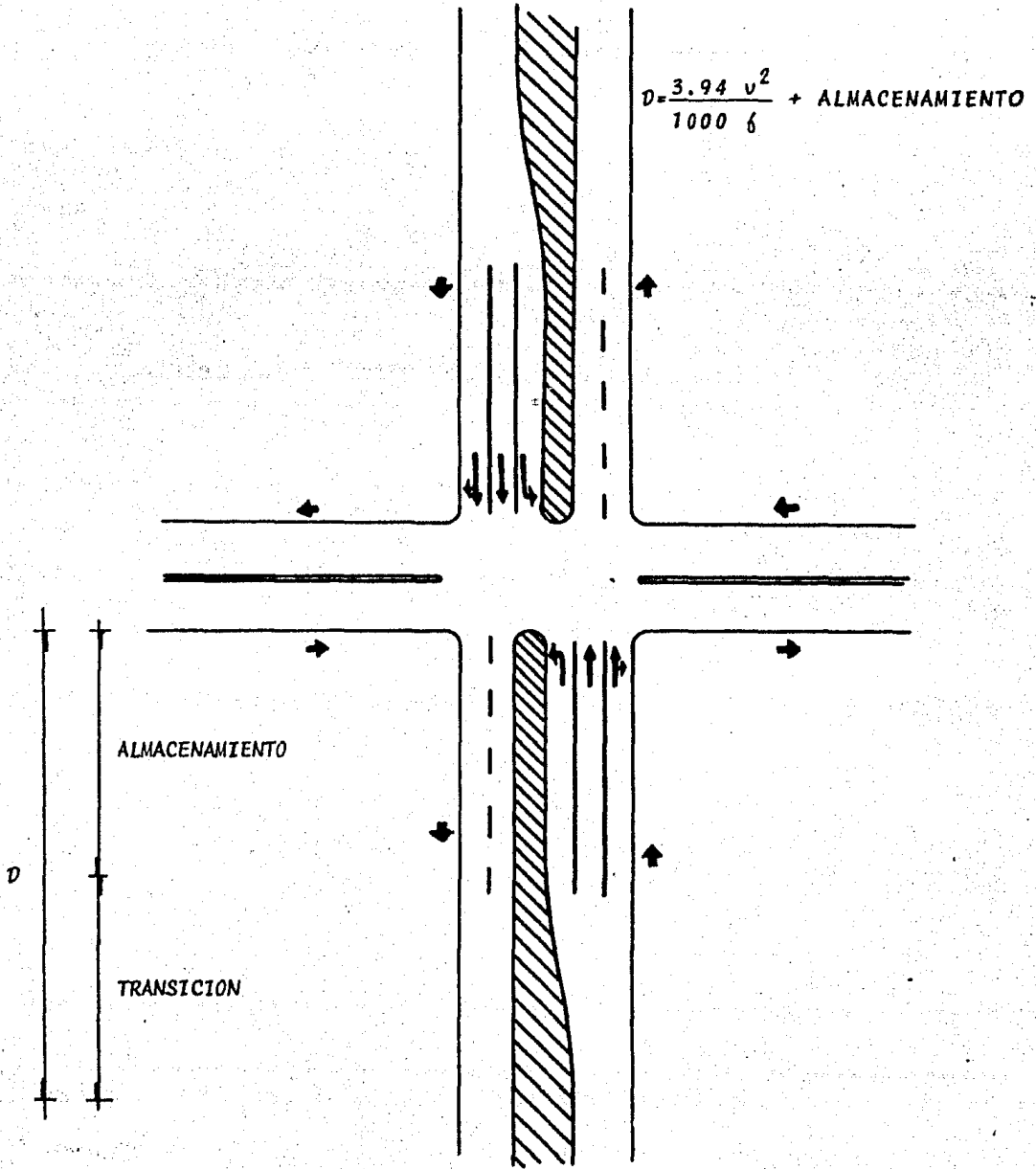


FIGURA No. 3.3.2

Distancia de visibilidad  $\sigma$  de parada, en curvas horizontales. Es la distancia mínima que debe de tenerse para poder considerar el tiempo de percepción, reacción y frenado en el caso de que se presente un obstáculo inesperado y así poder evitar cualquier accidente. FIGURA No. 3.3.2

Cálculo de un carril de vuelta izquierda. FIGURA No. 3.3.3

$$D = \frac{3.94 v^2}{1000 f} + \text{ALMACENAMIENTO}$$



**CANALIZACION ESPECIAL PARA VUELTAS IZQUIERDAS**

FIGURA No. 3.3.3

*Intersecciones .- Son aquellas partes del camino que se cruzan con otros caminos, con FFCC o con poblaciones. Estas pueden ser a nivel o a desnivel. Las intersecciones a nivel pueden ser sencillas, canalizadas o controladas. Las intersecciones a desnivel pueden ser sencillas, con movimientos indirectos o movimientos directos. FIGURAS No. 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6, --- 3.3.7 y 3.3.8*

INTERSECCIONES SIMPLES A NIVEL

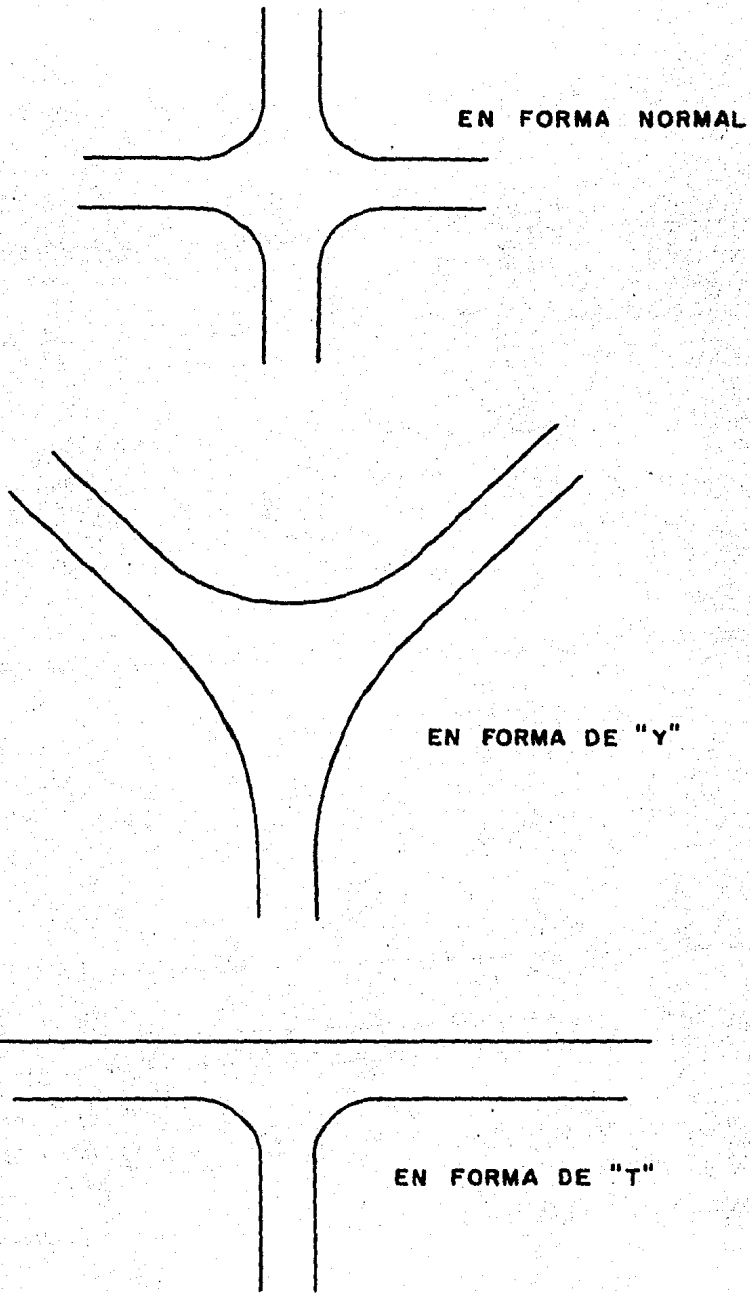
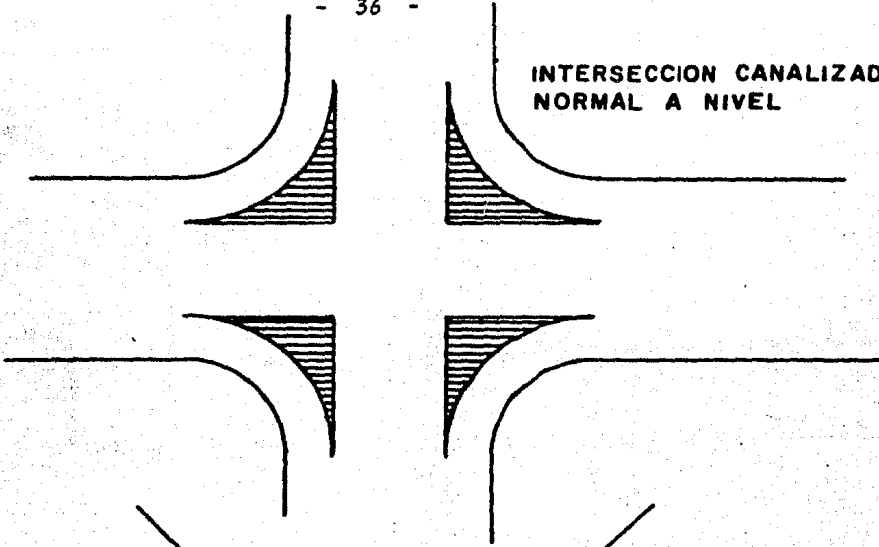
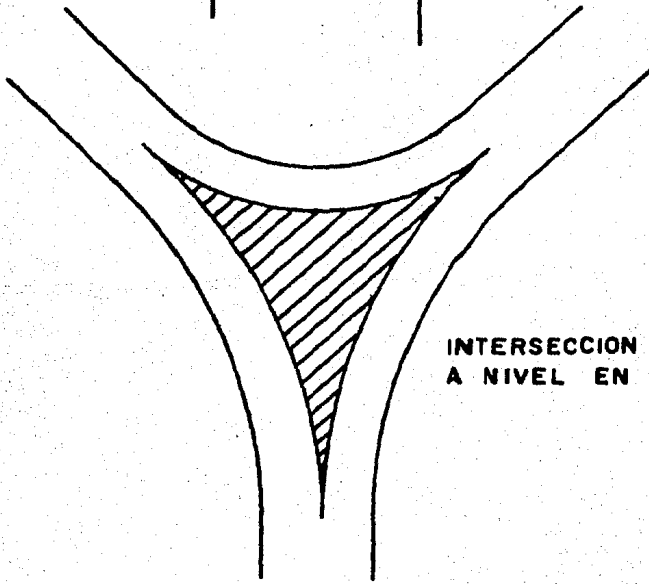


FIGURA No. 3.3.4

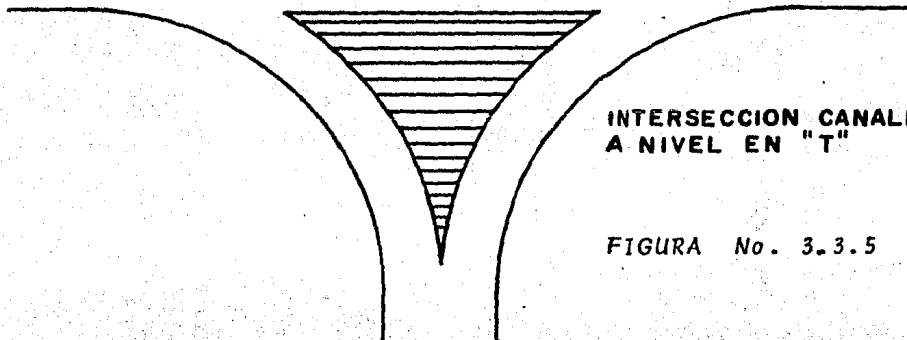
**INTERSECCION CANALIZADA  
NORMAL A NIVEL**



**INTERSECCION CANALIZADA  
A NIVEL EN "Y"**



**INTERSECCION CANALIZADA  
A NIVEL EN "T"**



**FIGURA No. 3.3.5**

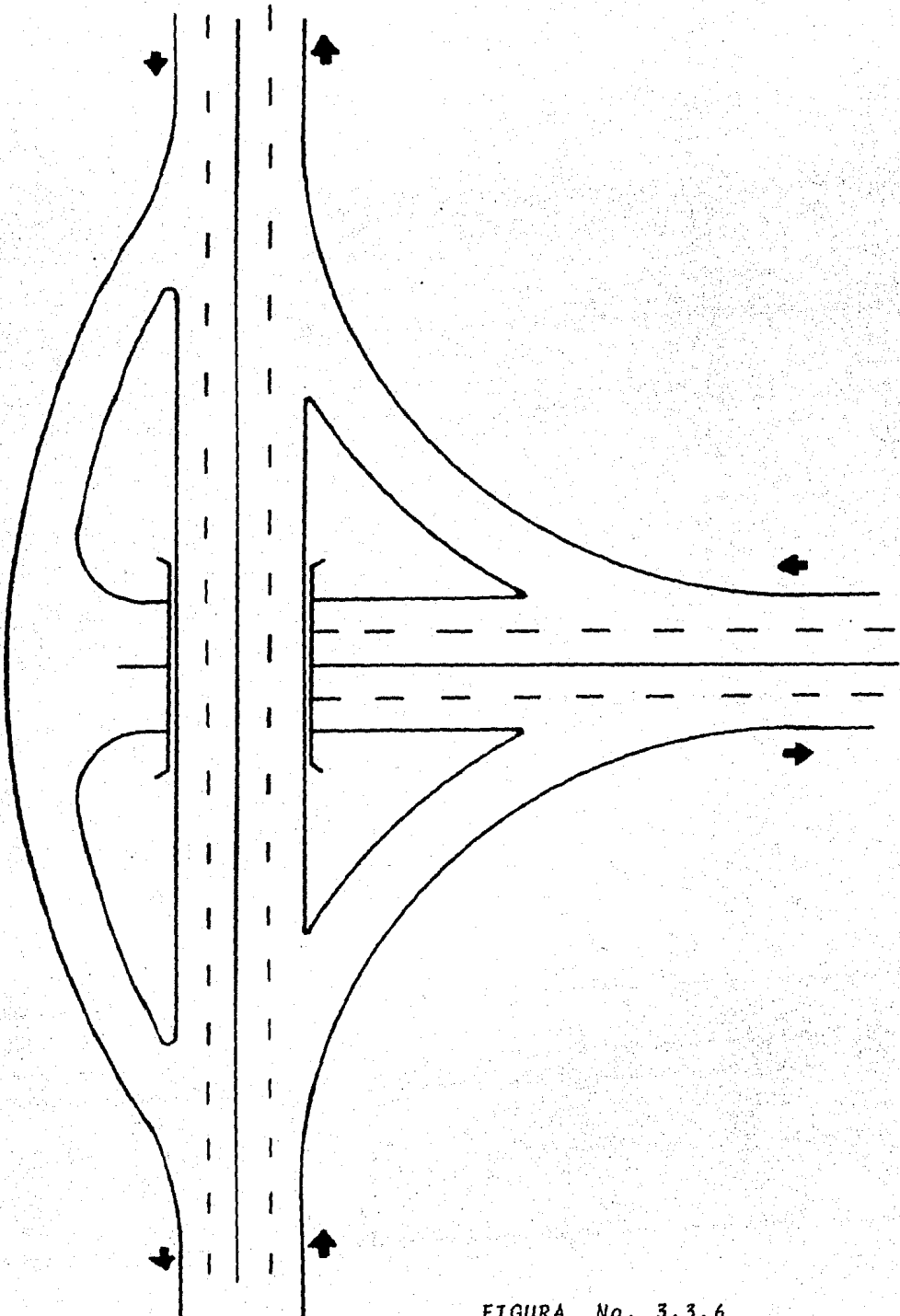
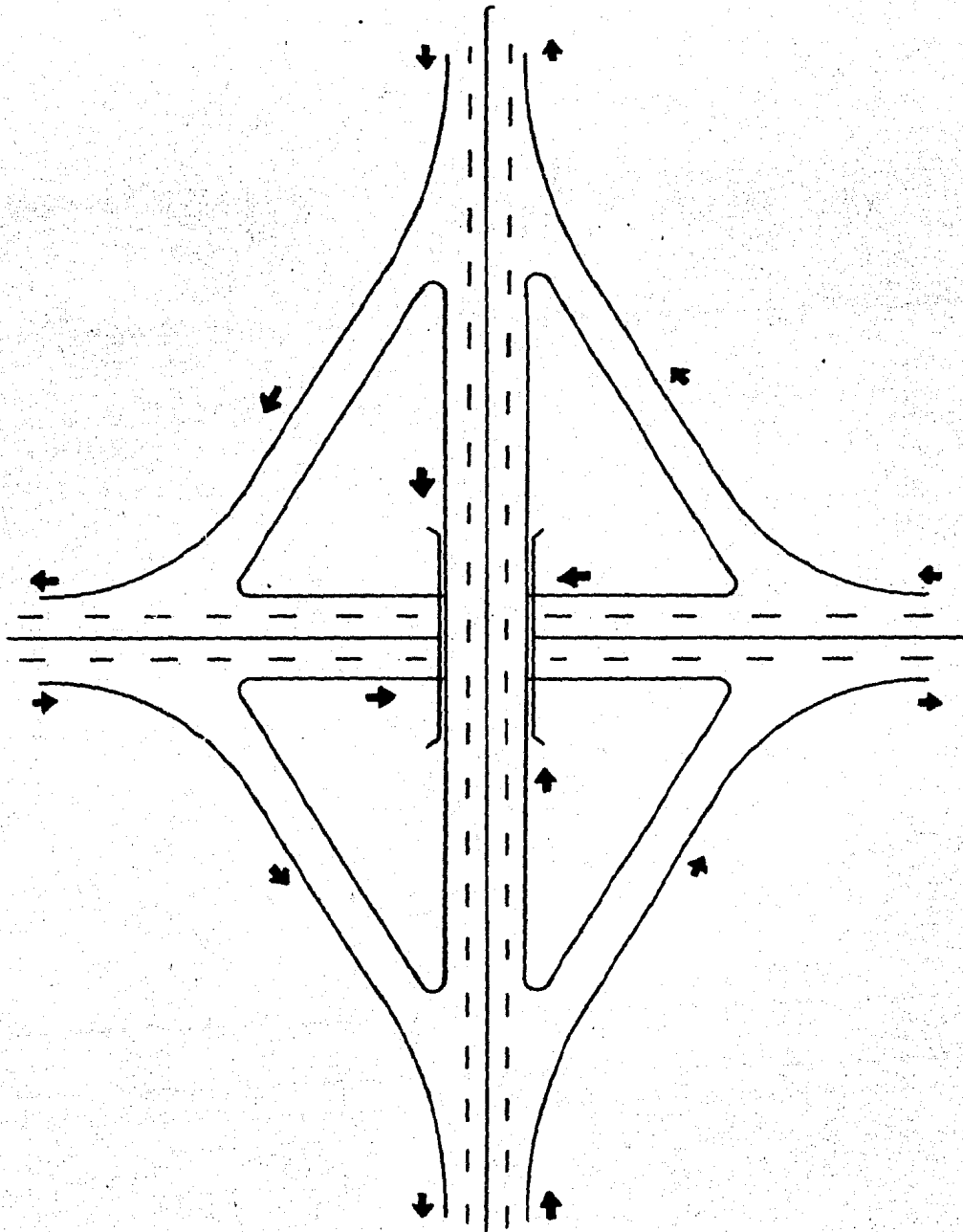


FIGURA No. 3.3.6





MOVIMIENTOS INDIRECTOS (DIAMANTE)

FIGURA No. 5.3.7

MOVIMIENTOS DIRECTOS EN TRES NIVELES

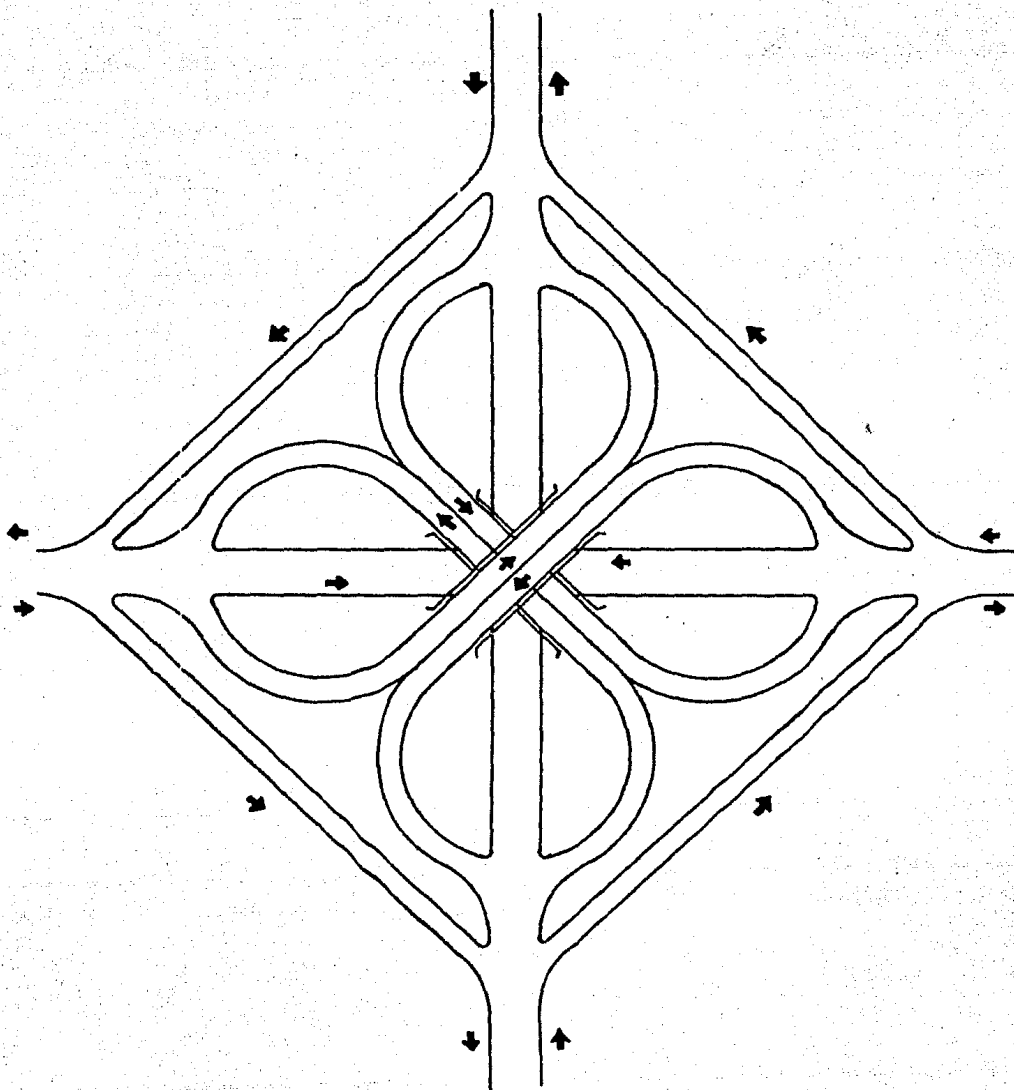


FIGURA No. 3.3.8

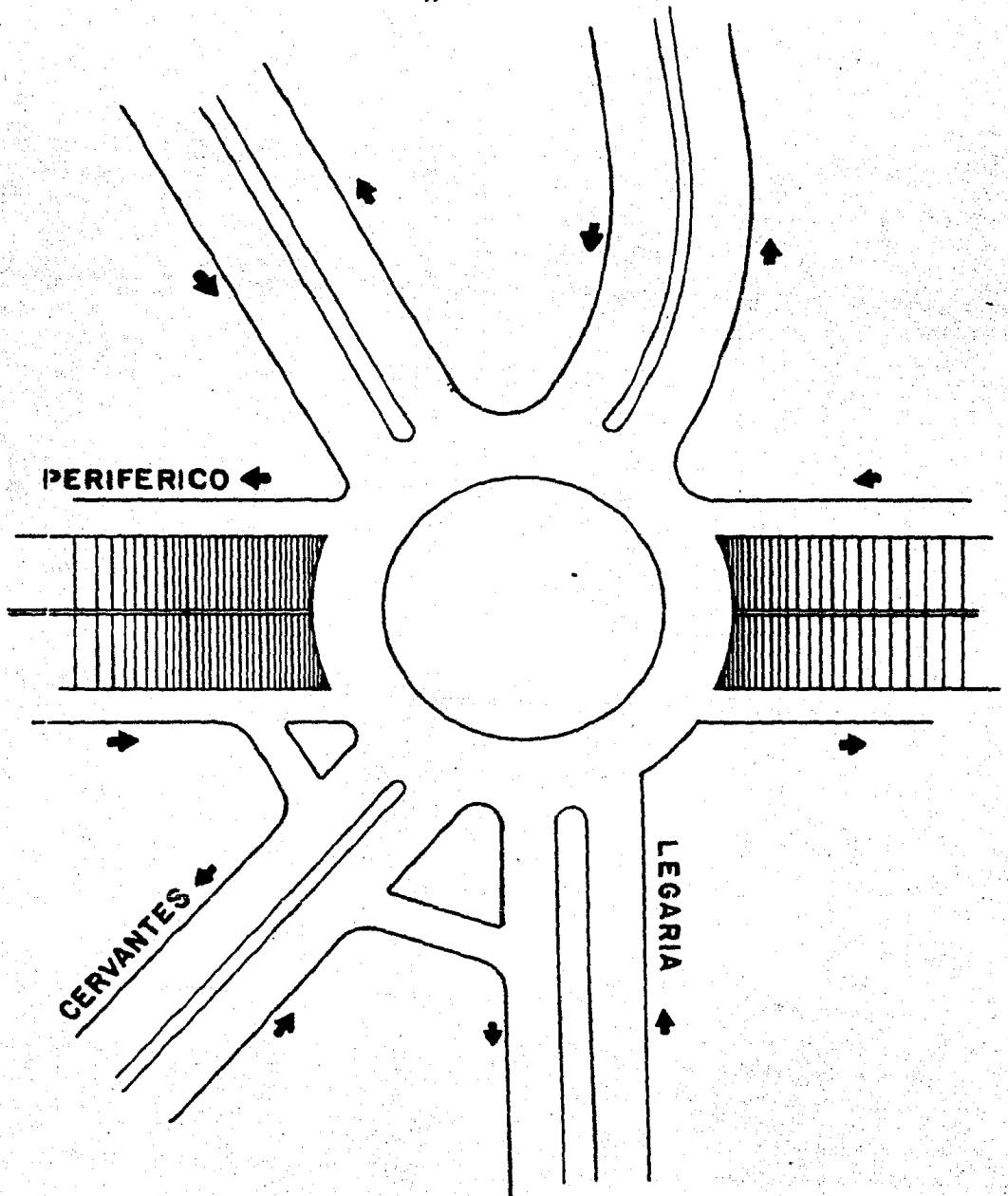
**INTERSECCIONES ROTATORIAS** .- Son aquellas que operan con circulación continua en un sentido alrededor de una is la central. Estas pueden ser de tres ramas, cuatro, cinco, seis o más llamandose rama a todo camino que converge a -- ella. Además pueden ser simétricas, asimétricas, circulares o elongadas. Su construcción se remonta al siglo --- XVIII cuando el automóvil aún no se imaginaba. Se constru yeron en todas partes del mundo y actualmente, son más sus desventajas que sus ventajas por lo que, sólo en casos -- muy especiales se recomienda su construcción. FIG. 6.3.9

**Carriles de Aceleración y Desaceleración** .- Un ca - rril de aceleración es aquél que permite adquirir la velo - cidad necesaria para poder incorporarse al flujo del cami - no. El carril de desaceleración es aquél que permite re - ducir la velocidad que se trae dentro del flujo para poder salir de éste. En ambos casos se persigue hacer éstos mo - vimientos sin interferir el movimiento de los demás vehl - culos. La distancia requerida en ambos casos vá a estar - en función del tipo de camino y de la velocidad de uso.

FIG. 6.3.10

**Señales** .- Son los mensajes que envía la autoridad en el mismo camino o sea es la comunicación que existe -- entre las autoridades y los manejadores, existen tres ti - pos de señales :

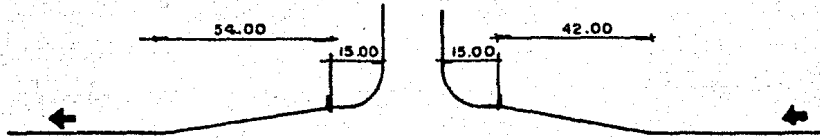
- a) PREVENTIVAS
- b) RESTRICTIVAS
- c) INFORMATIVAS



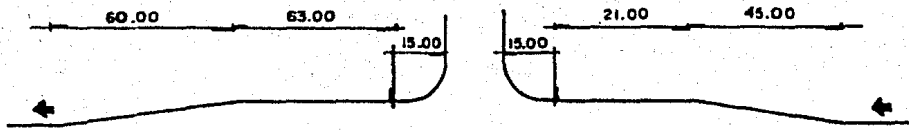
GLORIETA DE PERIFERICO Y LEGARIA

FIGURA No. 3.3.9

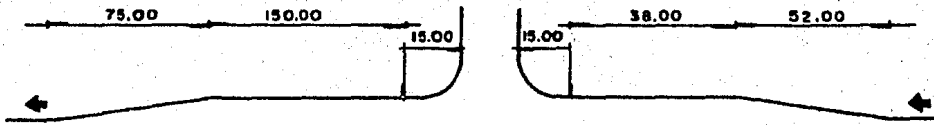
ENTRONQUE CON CARRILES DE ACCELERACION Y DESACELERACION



CAMINO PARA 64 Km/h



CAMINO PARA 80 Km/h



CAMINO PARA 96 Km/h

FIGURA No. 3.3.10

**PREVENTIVAS** .- Son aquellas que tienen como función prevenir accidentes, su forma es de un cuadrado colocado en forma diagonal, su color es de fondo amarillo con simbolo y ribete negros. FIGURA No. 6.3.11

**RESTRICTIVAS** .- Son aquellas que nos limitan algún movimiento según el reglamento de tránsito. Son generalmente de forma rectangular colocadas con su parte longitudinal en forma vertical, su fondo es blanco, círculo rojo, - símbolo y ribete negros. Pueden ser también circulares -- con una franja roja perimetral. Si la prohibición es to-tal una franja roja cruzará en diagonal y estará sobrepuesta al símbolo que es negro con fondo blanco, sin embargo - hay dos señales que no cden en ningún grupo de estos res--pecto a su forma aunque son restrictivas ésas son : la de " Alto " que es un octágono de fondo rojo y letras blancas con un doble ribete negro y la de "Ceda el paso " que es - un triángulo invertido de fondo blanco, letras negras y -- franja perlmtral roja. FIGURA No. 6.3.12

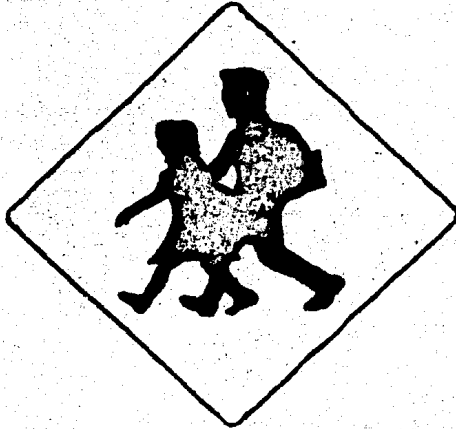
**INFORMATIVAS** .- Son aquellas que como su nombre lo - indica nos informan aspectos direccionales, turísticos y - otros. Son de forma rectangular, y se colocan con su lon- gitud en forma horizontal. Sus dimensiones son variables, su fondo es blanco letras y ribete negro. FIGURA No. 6.3.13

**AUTOPISTAS** .- Se denominan así a las carreteras mo--dernas construidas para altas velocidades, generalmente -- con un camellón central que separa las dos direcciones. - Estas pueden ser simples, de vía libre o jardín, también - se les conoce como expressway, freeway o parkway. En los Estados de norteamérica en el año de 1946 ya existían --

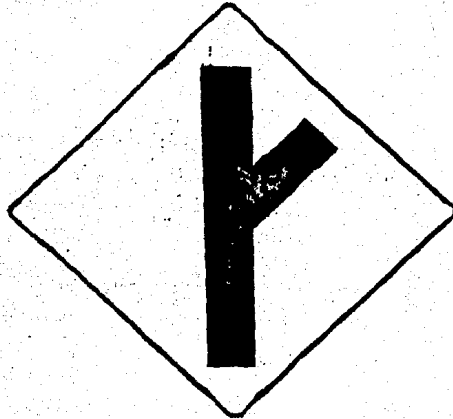
1,900 Km de autopista y había sido aprobada la construcción de 3,000 Km más, después de la segunda guerra mundial se -- aprobó la integración de un sistema de 64,000 Km de autopistas en dicho país. La experiencia ha demostrado que un proyecto apropiado de este tipo de camino reduce el número de accidentes, ya que, es nula la circulación de peatones, así mismo la circulación de tránsito transversal de vehículos. Además se evitan los choques de frente que son mortales.

Proyecto de señalamiento. FIGURA No. 3.3.14

# SEÑALES PREVENTIVAS



SP-33

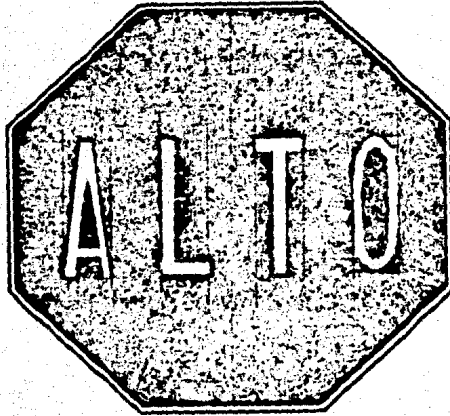


SP-14

FIGURA No. 3.3.11



# SEÑALES RESTRICTIVAS



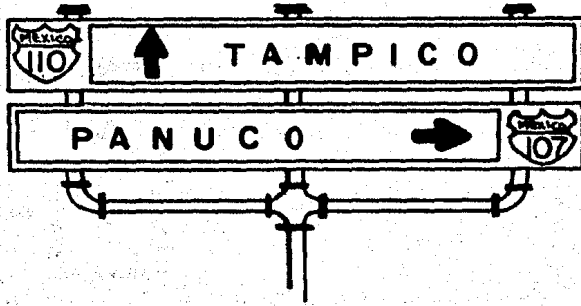
SR-6



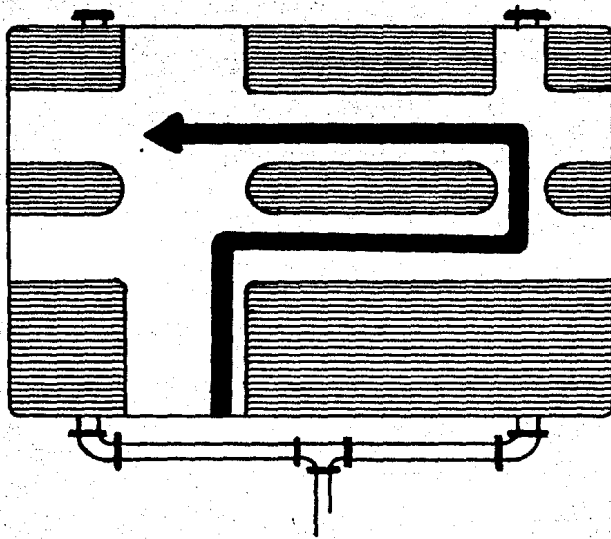
SR-21

FIGURA No. 3.3.12

# SEÑALES INFORMATIVAS



SI-16

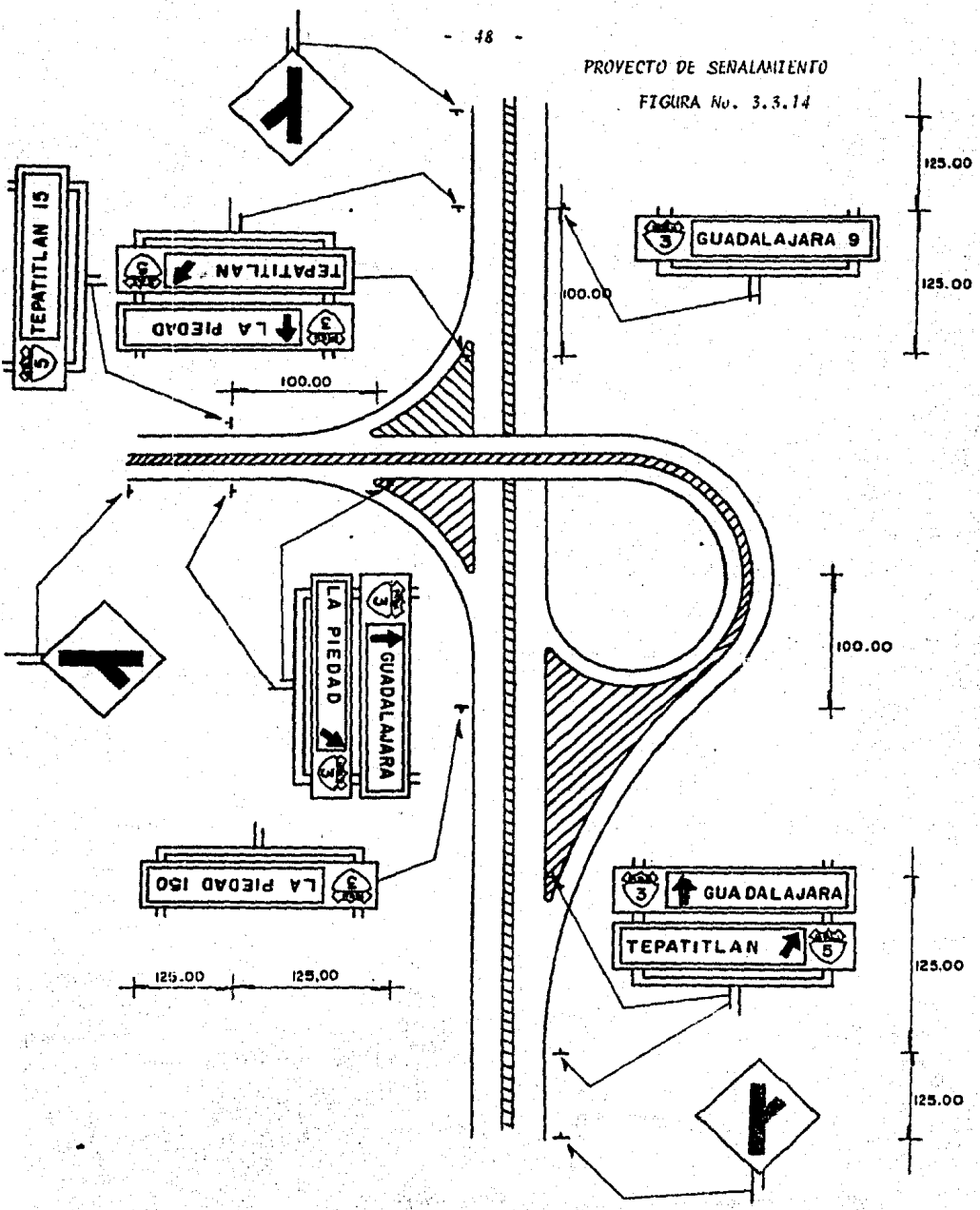


SI-42

FIGURA No. 3.3.13

PROYECTO DE SENALAMIENTO

FIGURA No. 3.3.14



## PLANIFICACION VIAL URBANA .-

Según los cronistas la ciudad de Tenochtitlan estaba construida dentro de una laguna de agua salada en la que había dos leguas de -- distancia de tierra firme a cualquier punto de la ciudad, tenía cuatro calzadas del ancho de dos lanzas juntas y que ésta era tan grande como las ciudades de Sevilla y Córdoba.

Sobre los restos que quedaron de la ciudad al ser arrasada por orden de Hernán Cortés se encomendó al alarife Alfonso García Bravo el trazo de la nueva ciudad, el cual aplicó el trazo de la cuadrícula respetando la plaza mayor como núcleo y las principales calzadas como base del sistema vial.

*Demanda de movimiento en las ciudades .-* Se distinguen dos tipos principales de movimientos dentro de un poblado; los externos y los internos.

Se ha comprobado en estudios de origen y destino que en las -- grandes ciudades un gran porcentaje de vehículos que entra se para -- y que éste porcentaje se incrementa o disminuye según el tamaño de -- la ciudad.

Los movimientos internos de una ciudad se generan básicamente -- entre la periferia, el centro comercial, gubernamental y bancario, -- al crecer las ciudades se crean otros centros de atracción con lo -- cual se incrementa la demanda de movimientos en dichas zonas de la -- ciudad.

Hay una tendencia natural de movimiento en los líquidos de las -- plantas, ríos, en el sistema circulatorio, etc., a establecer la -- afluencia o caudal dependiendo de los afluentes, ya que éstos al ser mayores tendrán necesidad de conductos de mayor capacidad.

Un caso similar es el movimiento de personas y de vehículos al concurrir a los centros de atracción de una ciudad o al ir hacia la periferia de la misma.

Como se vé el advenimiento del vehículo de motor además de sus ventajas trajo un desequilibrio general a las ciudades, sin embargo según estudios hechos por la gran mayoría de técnicos en tránsito y transporte han convenido en que la manera de enfocar el problema de manera adecuada consiste en llevar a cabo un equilibrado programa - de desarrollo de los transportes masivos combinado con un desarrollo general de obras viales con las cuales se supere el antiguo trazo de las ciudades.

En el Distrito Federal se prosigue con el plan de dotar a la ciudad de un sistema arterial, constituido por vías radiales y anillos concentricos. En 1954 se habrió al tránsito parte del viaducto Miguel Alemán, en 1962 se inauguró el primer tramo del anillo -- periferico, posteriormente se ejecutaron obras como las radiales de Río San Joaquín y de parque Vía. además del Circuito Interior. A pesar de estas obras y otras más se ve que los congestionamientos - crecen día con día, sin embargo si no se ubieran hecho quién sabe - en que situación estaríamos en éste momento.

Simultaneamente a éstas obras viales deben de realizarse otras de diversa magnitud como son pasos a desnivel, supresión de glorietas, construcción de isletas canalizadoras y control de semáforos.

Con lo anterior se puede ver que no puede haber urbanismo sin Ingeniería de Tránsito.

## VOLUMEN DE TRÁNSITO .-

Volúmen de tránsito es la cantidad de vehículos que transitan por un camino en determinado tiempo, generalmente se usan como unidades : Veh/día o Veh/hora. El volúmen de tránsito depende del tipo de camino o de algunos de sus tramos ya que éste puede ser turístico, agrícola, comercial etc. además habrá variaciones horarias diarias dependiendo de las actividades ya que no serán iguales todos los días de la semana ni del mes así como de las 24 horas del día.

VELOCIDAD .-

Velocidad es la relación que existe entre la distancia recorrida y el tiempo que se lleva al hacer dicho recorrido. Según ciertos estudios se ha visto que los ahorros de tiempo después de 80 o 90 Km/h son relativamente muy pequeños, además se ha comprobado que la mayor parte de los viajes - foráneos no van más allá de los 200 Km, la gran mayoría de automovilistas no rebasa los 50 Km y los ahorros de tiempo son mayores al incrementar la velocidad de 30 a 50 Km/h. -- Realmente en el área metropolitana la velocidad promedio es de 25 Km/h por todas las paradas que se hacen a causa de -- los semáforos. Para la velocidad de diseño hay que considerar tres factores que son distancia, accidentes y costo.

PARA UN VIAJE DE 150 KM.

VELOCIDAD KM/h	TIEMPO HORAS	AHORRO HORAS	TOTAL AHORRADO HORAS
20	7.50	—	—
30	5.00	2.50	2.50
40	3.75	1.25	3.75
50	3.00	0.75	4.50
60	2.50	0.50	5.00
70	2.141	0.359	5.359
80	1.875	0.266	5.625
90	1.666	0.209	5.834
100	1.500	0.166	6.000
110	1.363	0.137	6.137
120	1.233	0.130	6.267
130	1.150	0.083	6.350
140	1.070	0.080	6.430
150	1.000	0.070	6.500

PARA UN VIAJE DE 200 KM

VELOCIDAD KM/h	TIEMPO HORAS	AHORRO HORAS	TOTAL AHORRADO HORAS
20	10.00	—	—
30	6.66	3.34	3.34
40	5.00	1.66	5.00
50	4.00	1.00	6.00
60	3.34	0.66	6.66
70	2.86	0.48	7.14
80	2.50	0.36	7.50
90	2.22	0.28	7.78
100	2.00	0.22	8.00
110	1.82	0.18	8.18
120	1.66	0.16	8.34
130	1.54	0.12	8.46
140	1.43	0.11	8.57
150	1.33	0.10	8.67

PARA UN VIAJE DE 250 KM

VELOCIDAD KM/h	TIEMPO HORAS	AHORRO HORAS	TOTAL AHORRADO HORAS
20	12.50	—	—
30	8.33	4.17	4.17
40	6.25	2.08	6.25
50	5.00	1.25	7.50
60	4.17	0.83	8.33
70	3.57	0.60	8.99
80	3.12	0.45	9.44
90	2.77	0.35	9.79
100	2.50	0.27	10.06
120	2.06	0.21	10.50
130	1.92	0.14	10.64
140	1.79	0.13	10.77
150	1.66	0.13	10.90



PARA UN VIAJE DE 300 KM

VELOCIDAD KM/h	TIEMPO HORAS	AHORRO HORAS	TOTAL AHORRADO HORAS
20	15.00	5.00	—
30	10.00	5.00	5.00
40	7.50	2.50	7.50
50	6.00	1.50	9.00
60	5.00	1.00	10.00
70	4.28	0.72	10.72
80	3.75	0.53	11.25
90	3.33	0.42	11.67
100	3.00	0.33	12.00
110	2.72	0.28	12.28
120	2.46	0.26	12.54
130	2.30	0.16	12.78
140	2.14	0.16	12.86

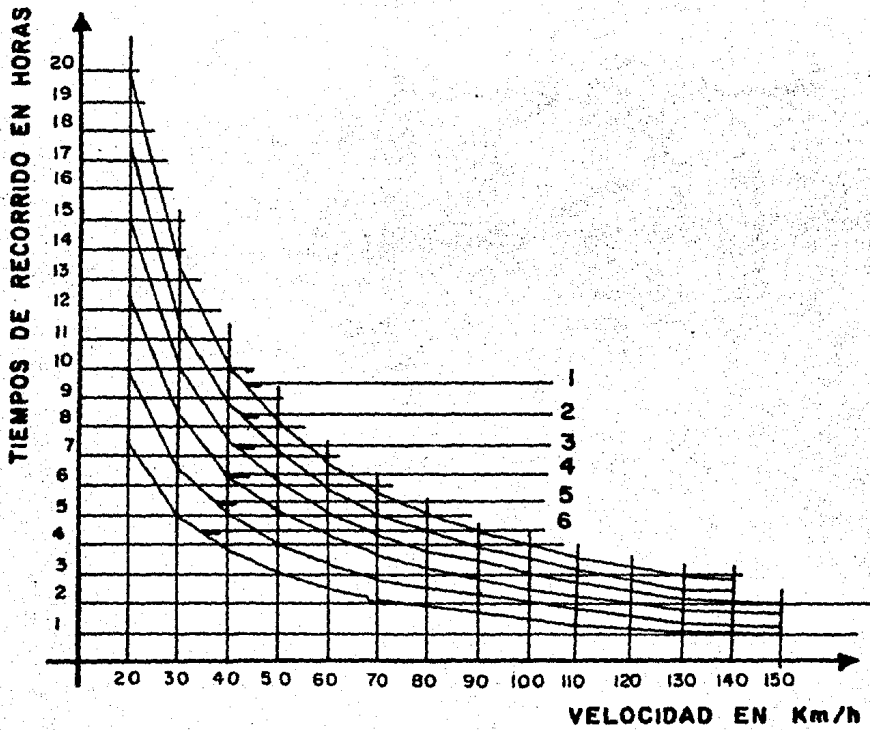
PARA UN VIAJE DE 350 KM

VELOCIDAD KM/h	TIEMPO HORAS	AHORRO HORAS	TOTAL AHORRADO HORAS
20	17.50	—	—
30	11.66	5.84	5.84
40	8.75	2.91	8.75
50	7.00	1.75	10.50
60	5.86	1.14	11.64
70	5.00	0.86	12.50
80	4.37	0.63	13.12
90	3.88	0.49	13.62
100	3.50	0.38	14.00
110	3.18	0.32	14.32
120	2.91	0.27	14.59
130	2.70	0.21	14.70
140	2.50	0.20	14.90

PARA UN VIAJE DE 400 KM

VELOCIDAD KM/h	TIEMPO HORAS	AHORRO HORAS	TOTAL AHORRADO HORAS
20	20.00	—	—
30	13.33	6.67	6.67
40	10.00	3.33	10.00
50	8.00	2.00	12.00
60	6.68	1.32	13.32
70	5.72	0.96	14.28
80	5.00	0.72	15.00
90	4.44	0.56	15.56
100	4.00	0.44	16.00
120	3.33	0.32	16.68
130	3.08	0.24	16.92
140	2.86	0.22	17.34

GRAFICA QUE RELACIONA VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRI



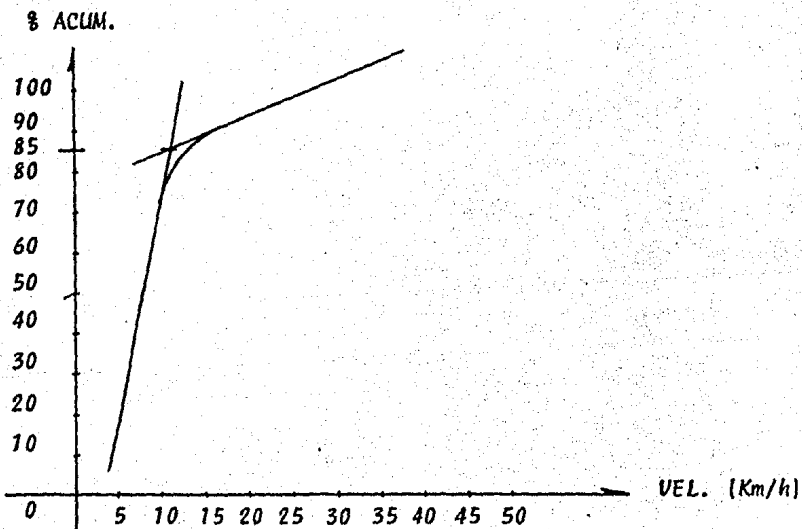
- 1.- PARA UN VIAJE DE 400 Km/h
- 2.- PARA UN VIAJE DE 350 Km/h
- 3.- PARA UN VIAJE DE 300 Km/h
- 4.- PARA UN VIAJE DE 250 Km/h
- 5.- PARA UN VIAJE DE 200 Km/h
- 6.- PARA UN VIAJE DE 150 Km/h

FIGURA No. 6.1

VELOCIDAD DE PUNTO .-

Es la velocidad que llevan los vehiculos en un determinado lugar, por ejemplo para conocer la velocidad que se lleva en una distancia de 50 m.

T. SEG.	No. VEH. N-S	Km/h	%	% ACUM.	T. PROM.
0 - 5	IIIIII II	5	9	9	2.5
6 - 10	IIIIII IIIII IIIII IIIII	6	26	35	2.5
11 - 15	IIIIII IIIII IIIII	7	20	55	12.5
16 - 20	IIIIII IIIII II	8	16	71	17.5
21 - 25	IIIIII IIIII	10	13	84	22.5
26 - 30	IIIIII II	15	9	93	27.5
31 - 35	III	24	4	97	32.5
36 - 40	I	72	1	100	37.5
	75		100%		



GRAFICA No. 6.2

Por lo que según el ejemplo al 85% se tiene la velocidad de -- diseño para el camino en estudio, la velocidad se conoció solo des- pejando ya que se conocía la distancia y el tiempo que se promedió.

Velocidad de crucero .- Es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento ó sea restando todos los tiempos en que el vehículo estuvo parado por cualquier causa.

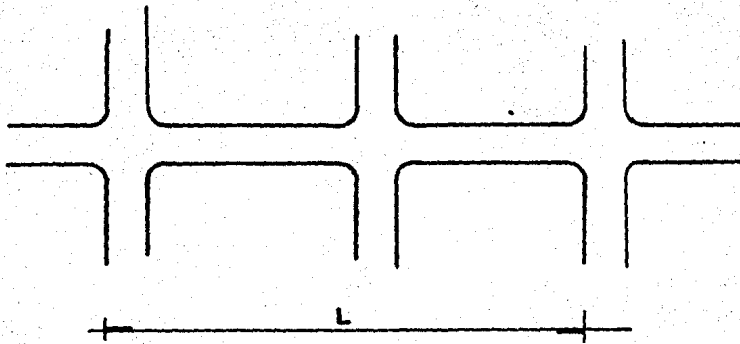


FIGURA No. 6.1

$$\text{VEL. DE CRUCERO} = \frac{L}{T_1 - T_2}$$

L = LONG. TOTAL

T<sub>1</sub> = TIEMPO TOTAL

T<sub>2</sub> = TIEMPOS DE PARADA

$$\text{VEL. DE RECORRIDO TOTAL} = \frac{L}{T_1 + T_2}$$

MÉTODOS DE MEDICIÓN .-

**METODO DEL CRONOMETRO** .- Sobre una distancia determinada que puede ser de 50, 75 ó 100 m, se marca el inicio y el final, cuando las ruedas delanteras cruzan la primera marca se pone en movimiento el cronómetro y cuando este vehículo cruza con sus ruedas delanteras la segunda marca se detiene. La velocidad se obtiene al dividir la distancia entre el tiempo y se convierte a Km/h, esto se hace para una velocidad constante.

**METODO DEL ENOSCOPIO** .- Consta de una caja de escuadra que contiene un espejo, con el cual se percibe con mejor precisión el paso del vehículo, se usa en posición horizontal y el método es el mismo que con el cronómetro.

**METODO DEL RADARMETRO** .- Es un equipo que se acciona por la batería de un vehículo, se basa en el principio del radar emitiendo ondas de alta frecuencia que rebotan con el vehículo, al regresar el aparato se registran y de acuerdo a su intensidad indica la velocidad del vehículo que se aproxima.

## CONGESTIONAMIENTO .-

Es un movimiento deficiente en el cual hay pérdida de velocidad. Se puede medir investigando el tiempo de recorrido total, el tiempo de retardo y la velocidad promedio de crucero. Esto se puede hacer observando desde cierta altura, con un cronómetro se miden los tiempos de recorrido de los vehículos y con otro los tiempos de retardo, - Esto se hace habiendo trazado las marcas previas dentro del flujo de vehículos, también se puede hacer formando parte de la corriente de tránsito midiéndose a sí mismo, o también formando parte del flujo de vehículos pero midiendo a otros, Esto se hace varias veces midiendo diferentes vehículos. Es importante medir muy bien la distancia, Esto se puede hacer con cinta o con el odómetro del vehículo.

## CAPACIDAD VIAL .-

Capacidad es el máximo número de vehículos que transitan en determinado punto del camino por unidad de tiempo, en éste caso por -- hora, Para medir la capacidad se usa el concepto de nivel de servicio que es una medida cualitativa e incluye factores como: velocidad, tiempo de recorrido, interrupciones de tránsito, libertad de maniobras, seguridad, costo de operación etc., los factores que afectan el nivel de servicio pueden ser internos o externos los internos son : factor de carga, factor de hora máxima, variación en la velocidad, en el volúmen, en la composición de tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamiento etc. en los externos están las -- características físicas tales como : ancho de carriles, distancia -- libre lateral, pendientes, acotamientos, ubicación dentro del área -- urbana etc.

$$\text{VOLUMEN} = \frac{\text{VEHICULOS}}{\text{HORA}}$$

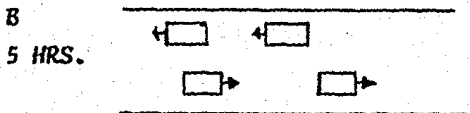
$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{VEHICULOS}}{\text{(L=TRAMO)}}$$

### NIVEL DE SERVICIO

### CONDICIONES

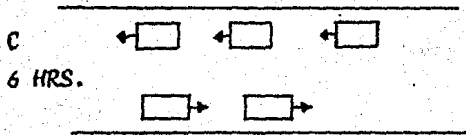


ALTA VELOCIDAD  
BAJO VOLUMEN  
FLUJO LIBRE  
NO HAY LIMITACION DE MANIOBRAS

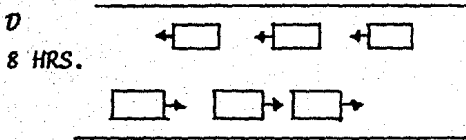


VELOCIDAD ALGO RESTRINGIDA  
FLUJO ESTABLE  
LIBRE CAMBIO DE CARRIL  
MAYOR VOLUMEN

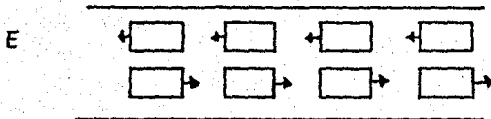




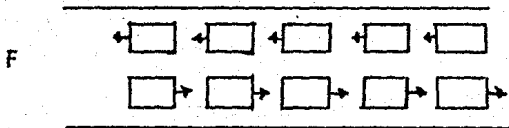
VEL. ALGO MAS RESTRINGIDA  
FLUJO ESTABLE  
CAMBIO DE CARRILES PERO  
ALGO RESTRINGIDOS



VEL. TOLERABLE PERO  
AFECTADA POR EL VOL.  
LIMITE DEL FLUJO ESTABLE  
POCA LIBERTAD DE MANIOBRAS.

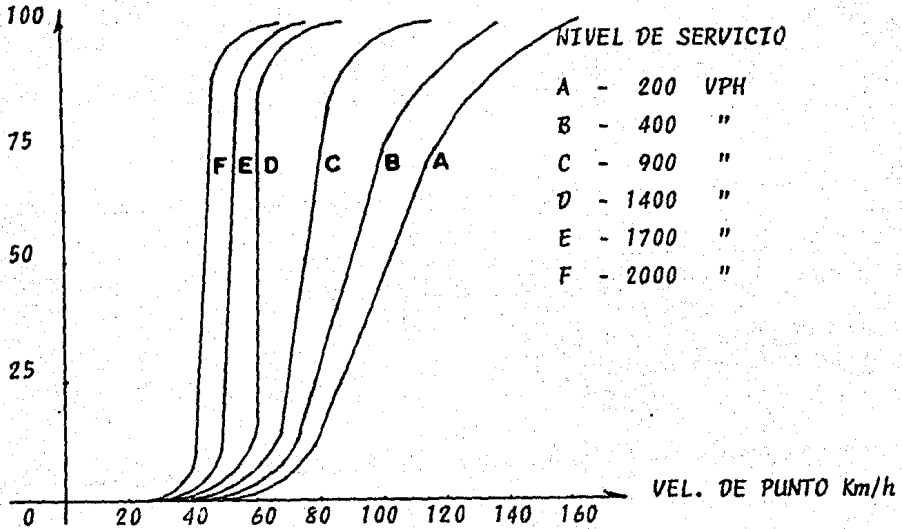


VEL. CERCANA A 50 Km/h  
FLUJO INESTABLE  
CAPACIDAD



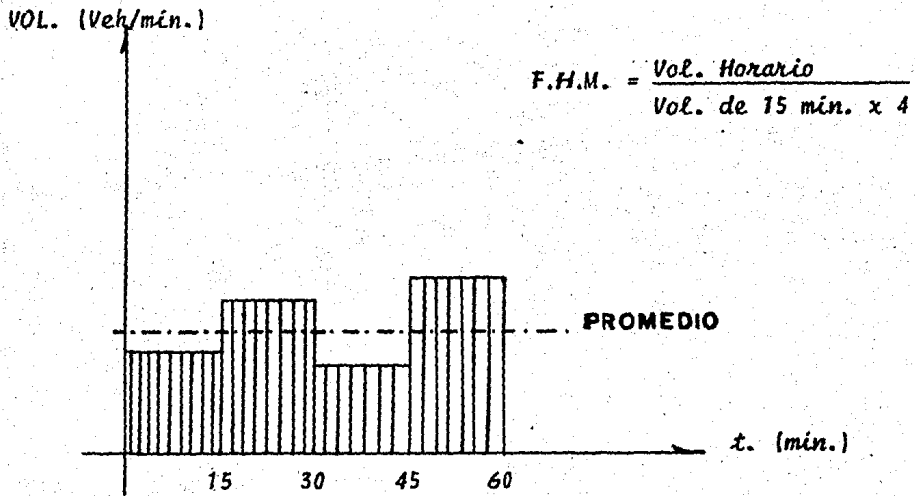
VEL. BAJA  
FLUJO FORZADO  
VOL. < CAPACIDAD

% ACUMULADO DE VEHICULOS QUE VIAJAN A  
LA VEL. DE o MENOR DE.



GRAFICA No. 6.3

Los factores externos como son físicos pueden ser medidos a la hora que convenga, pero los factores internos son variables y deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo, por ejemplo, el factor de hora máxima, como el flujo en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en el lapso, es necesario determinar la proporción del flujo para un periodo máximo dentro de la hora de máxima demanda; usualmente se toma un periodo de 15 min. y se multiplica por cuatro.



GRAFICA No. 6.4

Factor de carga .- Es el factor que hay que considerar en las intersecciones controladas y es la relación entre el número de fases verdes que son utilizadas o sea las fases cargadas y el número total de fases verdes.

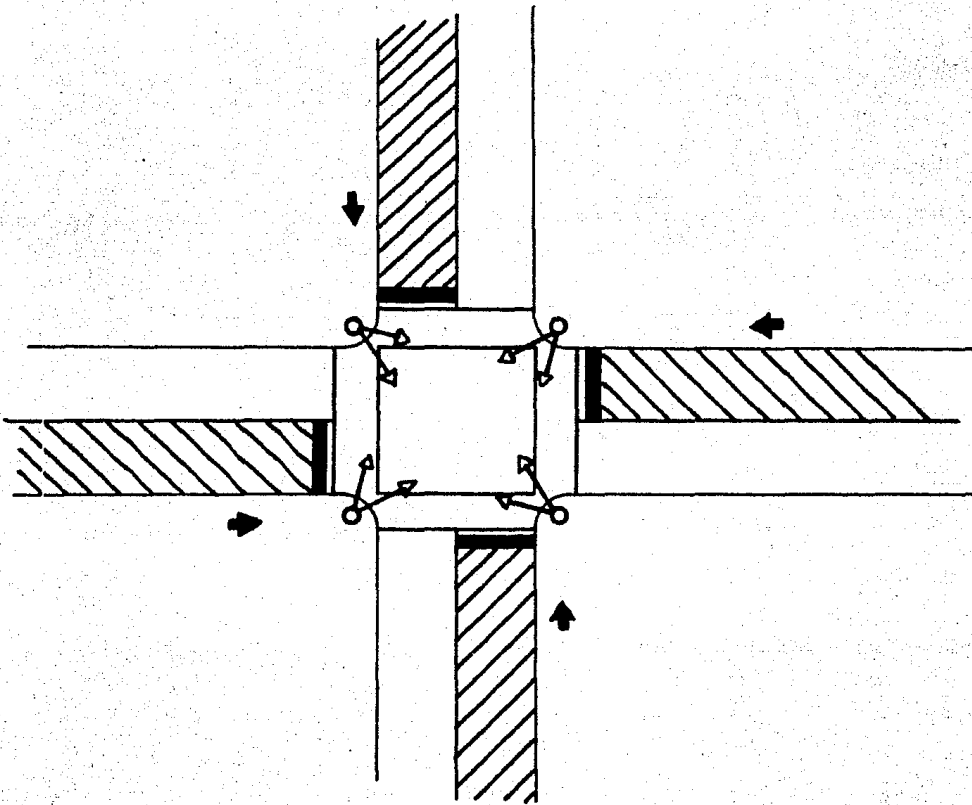


FIGURA No. 6.2

El análisis debe de hacerse por tramos ya que no es lo mismo en tangente que en curva. En los cruceos se hace por sentidos.

Análisis de capacidad .- Se hace con el objeto de predecir con que volúmenes y a qué plazo llegará a su capacidad el camino o parte de él.

En una zona urbana se proyecta para nivel de servicio B, para una carretera se hace para nivel C .

Por ejemplo, para hacer el análisis de capacidad para una carretera ideal de dos carriles, la capacidad es de 2000 Veh/hora para -- ambos sentidos, siempre el volumen de servicio será una fracción de la capacidad en condiciones ideales. El análisis sirve para determinar el efecto de los factores externos e internos en la capacidad -- ideal de cierto tramo del camino, y el volumen de servicio que corresponde a un nivel de servicio dado.

$$NS = 2000 \times W \times T \times B \times v/c$$

Tramos rectos .- Se analizan diversos factores y el análisis se recomienda para un tránsito continuo. El alineamiento es un factor físico que influye en la capacidad, su calidad se mide a través de la velocidad, el alineamiento vertical y horizontal deben permitir una velocidad de 110 Km/h o mayor sin restricción por distancia de visibilidad como puede ser una autopista.

El ancho de carril menor de 3.66 reduce la capacidad, el ancho se mide de centro a centro de las rayas divisorias, la distancia libre a los lados de la superficie de rodamiento cuando es menor de -- 1.80 m también afecta la capacidad. Las obstrucciones laterales --- pueden ser las guarniciones, muros de contención, postes, defensas, etc. el acotamiento debe de alojar de mínimo un automóvil ya que de otra manera cualquier avería dejarla un carril obstruido. Los efectos de las pendientes son importantes ya que un automóvil no sufre -- los mismos efectos que un camión de 6 o más llantas, Este reduce la capacidad del camino, por lo que se debe de considerar la velocidad y el porcentaje de pendientes.

Se recomienda para el análisis :

- 1.- Subdividir un tramo del camino en subtramos razonables identificando por separado los puntos que puedan general condiciones críticas para la capacidad.

2.- Se determina en cada subtramo y en los puntos críticos la capacidad, esto se hace aplicando los factores de reducción ya equivalentes. Se considera como capacidad ideal a 2000 veh/hora/carril en -- caminos de 4 o más carriles y 2000 automóviles/hora para ambos senti-- dos en caminos de 2 carriles.

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 considerando el tipo de camino, con estos datos si se desea se puede obtener el nivel de servicio -- para cada subtramo.

4.- Se determina el nivel de servicio genral para los varios subtra-- mos combinados. Primero se calculan los promedios de las velocidad-- des de operación y de las relaciones v/c para todo el tramo.

5.- Se revisan las relaciones v/c más críticas del tramo para che-- car que no se ha excedido la capacidad en ningún punto.

Ejemplo : Para un camino de 2 carriles sin obstáculos de ninguna -- especie que tendrá 2000 veh/h en ambos sentidos, por lo que el nivel de servicio de este camino será :

$$VS = 2000 \times W \times T \times B \times v/c$$

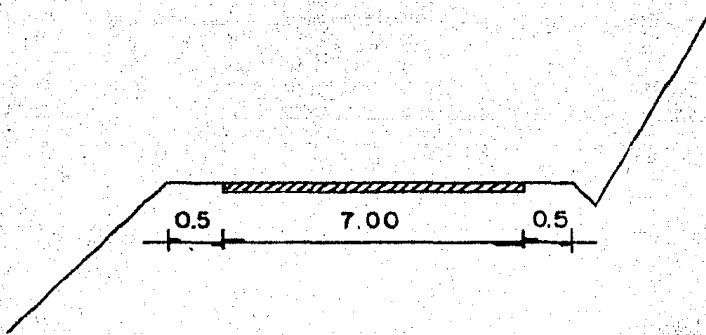
W = Anchura libre lateral

T = % de camiones

B = % de autobuses

v/c = Vol. actual/capacidad actual en el punto.

Ejemplo de análisis de capacidad para un camino con las siguientes características :



DATOS :

TRAMO RECTO

CAMINO TIPO C

% DE CAMIONES = 15

% DE AUTOBUSES = 4

VEL. DE OPERACION = 68 Km/h (85%)

TOPOGRAFIA = LOMERIO

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE = 450 m en 50%

VELOCIDAD DE PROYECTO = 80 Km/h

DE LA TABLA 35, Para niveles de servicio máximo en caminos de 2 carriles bajo condiciones de flujo libre, tenemos como dato la velocidad de proyecto que es de 80 Km/h, también sabemos que la distancia de visibilidad de rebase es de 450m en un 50%, sabemos además -- que el nivel de servicio es C, por lo que unicamente hay que sacar -- el promedio ya que de la tabla tenemos  $(0.47 + 0.38)/2 = 0.425$  que -- es para el 50% de distancia de visibilidad de rebase.

DE LA TABLA 38, Promedio de factores de ajuste para camiones -- en caminos de 2 carriles, en secciones de longitudes extensas cono-- cemos el porcentaje de camiones = 15%, también sabemos que el terreno es lomerto y sabemos que el nivel de servicio es C por lo que --  $(0.64 + 0.61)/2 = 0.63$

DE LA TABLA 37, Promedio de automóviles equivalentes de camiones y autobuses en caminos de 2 carriles, en secciones de longitudes extensas (incluye pendientes de subida, bajada y subtramos a nivel). Conocemos el nivel de servicio y el tipo de terreno por lo que el -- equivalente de automóviles para autobuses es  $E = 4$

DE LA TABLA 41, Factores de ajuste para camiones y autobuses -- en subtramos individuales con pendientes en caminos de dos carriles. Como conocemos el porcentaje de autobuses y el equivalente de automób viles tenemos que el factor de ajuste = 0.89

DE LA TABLA 36, Efecto combinado de anchura de carril y claro-- lateral en la capacidad y volúmenes de servicio en caminos de dos -- carriles con flujo ininterrumpido. Conocemos la distancia de la -- orilla del carril a la obstrucción = 0.50m., también el ancho del -- carril y el nivel de servicio por lo que el factor de ajuste = 0.81 por lo tanto lo único que hay que hacer es substituir en la fórmula:

$$V.S. = 2000 \times 0.43 \times 0.63 \times 0.89 \times 0.81$$

$$V.S. = 391 \text{ Veh/h}$$

NIVEL DE SERVICIO.	CONDICIONES - DEL FLUJO DEL TRANSITO.		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE DE 450m (%)	VOLUMEN DE SERVICIO / CAPACIDAD (v/c)						MAXIMO VOLUMEN DE SERVICIO -- BAJO CONDICIONES IDEALES: -- VELOCIDAD DE PROYECTO DE 110 Km/h
	DESCRIPCION.	VELOCIDAD DE OPERACION. Km/h		VEL. DE PROYECTO LIMITE 110 Km/h	VELOCIDAD PROMEDIO DE PROYECTO					
					95 Km/h	80 Km/h	70 Km/h	65 Km/h	55 Km/h	
A	FLUJO LIBRE	95	100	0.20	-	-	-	-	-	400
			80	0.18	-	-	-	-	-	
			60	0.15	-	-	-	-	-	
			40	0.12	-	-	-	-	-	
			20	0.08	-	-	-	-	-	
B	FLUJO ESTABLE	80	100	0.45	0.40	-	-	-	-	900
			80	0.38	0.30	-	-	-	-	
			60	0.42	0.35	-	-	-	-	
			40	0.34	0.24	-	-	-	-	
			20	0.30	0.18	-	-	-	-	
C	FLUJO ESTABLE	65	100	0.70	0.66	0.56	0.51	-	-	1400
			80	0.68	0.61	0.53	0.46	-	-	
			60	0.65	0.56	0.47	0.41	-	-	
			40	0.62	0.51	0.38	0.32	-	-	
			20	0.59	0.45	0.28	0.22	-	-	
D	ACERCANDOSE AL FLUJO INESTABLE	55	100	0.85	0.83	0.75	0.77	0.58	-	1700
			80	0.84	0.81	0.72	0.62	0.55	-	
			60	0.83	0.79	0.69	0.57	0.51	-	
			40	0.82	0.76	0.66	0.52	0.45	-	
			20	0.81	0.71	0.61	0.44	0.35	-	
E	FLUJO INESTABLE	50	NO APLICABLE			1.00				2000
F	FLUJO FORZADO	50	NO APLICABLE							AMPLITUD VARIABLE.

NIVELES DE SERVICIO MAXIMO EN CAMINOS DE 2 CARRILES BAJO CONDICIONES DE FLUJO --- LIBRE.



TABLA No. 8.2

DISTANCIA DE LA ORILLA --- DEL CARRIL A LA OBSTRUCCION ( m )	FACTORES DE AJUSTE W PARA CLAROS Y ANCHURA DE CARRIL							
	3.60m		3.30m		3.00m		2.70m	
	NIVEL B	NIVEL E	NIVEL B	NIVEL E	NIVEL B	NIVEL E	NIVEL B	NIVEL E
	OBSTRUCCION EN UN LADO UNICAMENTE							
1.80	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76
1.20	0.96	0.97	0.83	0.85	0.74	0.79	0.68	0.74
0.60	0.91	0.93	0.78	0.81	0.70	0.75	0.64	0.70
0.0	0.85	0.88	0.73	0.77	0.66	0.71	0.60	0.66
	OBSTRUCCION EN AMBOS LADOS							
1.80	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76
1.20	0.92	0.94	0.79	0.83	0.71	0.76	0.65	0.71
0.60	0.81	0.76	0.70	0.75	0.63	0.69	0.57	0.65
0.0	0.70	0.85	0.60	0.67	0.54	0.62	0.49	0.58

EFFECTO COMBINADO DE ANCHURA DE CARRIL Y CLARO LATERAL EN LA CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN CAMINOS DE DOS CARRILES CON FLUJO ININTERRUMPIDO.

TABLA No. 36

TABLA No. 8.3

EQUIVALENTE	NIVEL DE SERVICIO	EQUIVALENTE, PARA		
		TERRENO PLANO	TERRENO ONDULADO	TERRENO MONTANOSO
	A	3	4	7
	B y C	2.5	5	10
E. PARA CAMIONES	D y E	2	5	12

E. PARA AUTOBUSES

TODOS LOS NIVELES

2

4

6

PROMEDIO DE AUTOMOVILES EQUIVALENTES DE CAMIONES Y -- AUTOBUSES EN CAMINOS DE 2 CARRILES, EN SECCIONES DE -- LONGITUDES EXTENSAS.

TABLA No. 37

TABLA No. 8.4

§ DE CAMIONES	FACTOR DE AJUSTE DE CAMIONES T								
	TERRENO A NIVEL			TERRENO ONDULADO			TERRENO MONTANOSO		
	NIVELES DE SERVICIO								
	A	B <sub>y</sub> C	D <sub>y</sub> E	A	B <sub>y</sub> C	D <sub>y</sub> E	A	B <sub>y</sub> C	D <sub>y</sub> E
1	0.98	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.94	0.92	0.90
2	0.96	0.97	0.98	0.94	0.93	0.93	0.89	0.85	0.82
3	0.94	0.96	0.97	0.92	0.89	0.89	0.85	0.79	0.75
4	0.93	0.95	0.96	0.89	0.86	0.86	0.81	0.74	0.69
5	0.91	0.93	0.95	0.87	0.83	0.83	0.77	0.69	0.65
6	0.89	0.92	0.94	0.85	0.81	0.81	0.74	0.65	0.60
7	0.88	0.91	0.93	0.83	0.78	0.78	0.70	0.61	0.57
8	0.86	0.90	0.93	0.81	0.76	0.76	0.68	0.58	0.53
9	0.85	0.89	0.92	0.79	0.74	0.74	0.65	0.55	0.50
10	0.83	0.87	0.91	0.77	0.71	0.71	0.63	0.53	0.48
12	0.81	0.85	0.89	0.74	0.68	0.68	0.58	0.48	0.43
14	0.78	0.83	0.88	0.70	0.64	0.64	0.54	0.44	0.39
16	0.76	0.81	0.86	0.68	0.61	0.61	0.51	0.41	0.36
18	0.74	0.80	0.85	0.65	0.58	0.58	0.48	0.38	0.34
20	0.71	0.77	0.83	0.63	0.56	0.56	0.45	0.36	0.31

PROMEDIO DE FACTORES DE AJUSTE PARA CAMIONES EN CAMINOS DE [ 2 ] CARRILES, EN SECCIONES DE LONGITUDES EXTENSAS.

TABLA No. 38

AUTOMÓ- VILES E EQUIV.	FACTOR DE AJUSTE DE CAMIONES T (8 PARA AUTOBUSES)																			
	PORCENTAJE DE CAMIONES (0 DE AUTOBUSES)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20					
2	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83						
3	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74						
4	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65						
5	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58						
6	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53						
7	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48						
8	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.65	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44						
9	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41						
10	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.57	0.48	0.44	0.41	0.38						
11	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36						
12	0.90	0.82	0.75	0.69	0.65	0.60	0.57	0.53	0.50	0.48	0.43	0.39	0.38	0.34						
13	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.41	0.37	0.34	0.32						
14	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	0.56	0.52	0.45	0.46	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30						
15	0.88	0.78	0.70	0.74	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.37	0.34	0.41	0.28						
16	0.87	0.77	0.69	0.63	0.57	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27						
17	0.86	0.76	0.68	0.61	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.48	0.34	0.31	0.28	0.26						
18	0.85	0.75	0.66	0.60	0.54	0.49	0.46	0.42	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25						
19	0.85	0.74	0.65	0.58	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24						
20	0.84	0.72	0.74	0.57	0.51	0.47	0.42	0.46	0.37	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23						
22	0.83	0.70	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21						
24	0.81	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19						
26	0.80	0.67	0.57	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18						
28	0.79	0.65	0.55	0.48	0.43	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17						
30	0.78	0.63	0.53	0.46	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16						
35	0.75	0.60	0.49	0.42	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.20	0.17	0.16	0.13						
40	0.72	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12						
45	0.69	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11						
50	0.67	0.51	0.40	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10						
55	0.65	0.48	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09						
60	0.63	0.46	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.12	0.11	0.10	0.09						
65	0.61	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08						
70	0.59	0.42	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07						
75	0.57	0.40	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07						
80	0.56	0.39	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06						
90	0.53	0.36	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06						
100	0.50	0.34	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05						

FACTORES DE AJUSTE PARA CAMIONES Y  
AUTOBUSES EN SUBTRAMOS INDIVIDUALES  
CON PENDIENTES EN CAMINOS DE DOS --  
CARRILES.

Si el volumen máximo horario es menor que el volumen de servicio todavía se tiene una holgura por lo que el camino aún es funcional, - ahora si el volumen máximo horario es mayor que el volumen de servicio se ha excedido la capacidad por lo que ya no es funcional.

Para un camino de cuatro carriles se sigue el mismo procedimiento únicamente que hay que utilizar la siguiente fórmula ;

$$V.S. = 2000 \times N \times W \times T \times B \times v/c$$

Donde todos los terminos significan lo mismo y N = No. de carriles en un sentido, y se utilizan las siguientes tablas, 42, 43, 44, - 45, 46, 47, 48 y 49. Del libro de ingeniería de tránsito del Ing. -- Rafael Cal y Mayor.

Intersecciones a nivel .- No todos los accesos a una intersección trabajan en las mismas condiciones, cuando los volúmenes son --- bajos no hay preocupación por la capacidad ni necesidad de analizarla, pero cuando el volumen crece y empiezan a presentarse conflictos probablemente ya la intersección requiere control de semáforos.

Para fines de análisis se les puede tratar a las intersecciones sin semáforos como si los tuviera suponiendo una distribución de tiempo en función de los volúmenes y la anchura de los accesos.

En intersecciones controladas con semáforos las investigaciones y análisis relacionan los volúmenes máximos que admite cada acceso -- con las diferentes variables que se presentan además de las siguientes condiciones :

#### CONDICIONES FÍSICAS Y OPERACIONALES :

##### A) ANCHURA DE ACCESO

- B) UNO O DOS SENTIDOS DE CIRCULACION
- C) TIPO DE ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE
- D) % DE CAMIONES Y AUTOBUSES FORANEOS
- E) SEMAFOROS

CONDICIONES AMBIENTALES :

- A) FACTOR DE CARGA
- B) FACTOR DE HORA MAXIMA
- C) POBLACION DEL AREA METROPOLITANA

$$V.S. = V.A. \times P \times F.H.M. \times BT \times VD \times VI \times AL \times V/CL$$

V.A. = VOLUMEN EN EL ACCESO POR HORA DE LUZ VERDE

P = FACTOR POR TAMAÑO DE LA POBLACION

F.H.M. = FACTOR DE HORA MAXIMA

B.T. = FACTOR DE AUTOBUSES Y CAMIONES FORANEOS

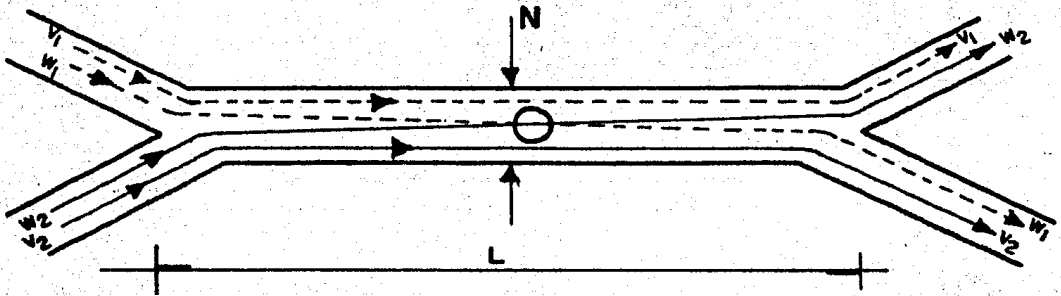
V.D. = FACTOR DE VUELTAS DERECHAS

V.I. = FACTOR DE VUELTAS IZQUIERDAS

V/CL = RELACION VERDE A CICLO

A.L. = FACTOR DE AUTOBUSES LOCALES (urbanos)

## TRAMO DE ENTRECruzAMIENTO



$$N = \frac{W_1 + W_2 K + V_1 + V_2}{V_s}$$

- N = NUMERO DE CARRILES**
- $W_1$  = VOL. MAYOR QUE SE ENTRECruZA, VPH**
- $W_2$  = VOL. MENOR QUE SE ENTRECruZA, VPH**
- $V_1$  y  $V_2$  = VOLS. QUE NO SE ENTRECruZAN**
- $V_s$  = VOL. DE SERVICIO APROPIADO O CAPACIDAD POR CARRIL EN LOS ACCESOS DE ENTRADA Y SALIDA**
- K = FACTOR DE INFLUENCIA DEL ENTRECruZAMIENTO**
- L = LONGITUD DE LA ZONA DE ENTRECruZAMIENTO**

FIGURA No. 6.3

ACCIDENTES :

a) Causa aparente de los accidentes

b) Falla operacional

c) Magnitud del problema

a) El agente de tránsito es la persona con la responsabilidad oficial de rendir el informe de los accidentes de tránsito, de acuerdo con el criterio de esta persona sus informes perfilan la causa del accidente, este será aparente hasta que por medio del análisis correspondiente se dictamine la causa real.

b) Analizando las causas aparentes se pueden determinar las causas -- reales, la falla puede ser por operación del tránsito, causa del camino, del vehículo o del usuario. Al determinar la causa real se puede tomar las medidas necesarias para eliminar o disminuir los resultados negativos.

Por ejemplo hace algunos años sobre la avenida Insurgentes viniendo de Sur a Norte a la altura del hospital de Neurología había muchos accidentes en los cuales las autoridades de tránsito dictaminaban exceso de velocidad, ya que generalmente los autos se salían por la tangente, al ver que ese punto era bastante conflictivo por el índice de accidentes que ahí ocurrían, se solicitó la intervención de los técnicos de la Dirección de Ingeniería de tránsito que al hacer su estudio dictaminaron que la curva no tenía la sobreelevación necesaria ya que las personas que construyeron el tramo de pavimento al no dejar drenaje transversal y para evitar que en épocas de lluvia se acumulara el agua dieron una sobreelevación contraria a la requerida por el sentido de la -- circulación, lo cual favorecía a que el automóvil al entrar a la curva se saliera de ésta. La solución técnica fue colocar las alcantarillas

necesarias y dar a la curva la sobreelevación adecuada. Otro caso era aquél en el cual en un punto determinado sobre Río Churubusco -- viniendo de oriente a poniente al llegar a una intersección controlada hay una curva donde constantemente los automovilistas se alcanzaban ya que no les daba tiempo de enfrenar, las autoridades respectivas dictaminaban falta de precaución y exceso de velocidad, cuando intervino la Dirección General de Ingeniería de tránsito y a través de sus estudios se dictaminó que los semáforos existentes no eran -- los adecuados, ya que el usuario no alcanzaba a verlos sino hasta -- estar ya muy cerca, la solución fue colocar semáforos con ménsula o sea los colgantes que proporcionaban una mejor y anticipada visión -- de las luces al usuario solucionándose con esto el problema.

c) Al relacionar los saldos en muertos y heridos, proporcionalmente con la población y los vehículos o con el kilometraje generado se dispondrá de cifras o índices que nos permitan hacer comparaciones, para juzgar la magnitud del problema.

#### INDICE DE ACCIDENTES CON BASE EN LA POBLACION .-

$$I_{\frac{a}{p}} = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 100,000}{\text{No. de habitantes}} \quad (\text{Accidentes por cada } 100,000 \text{ habitantes.})$$

#### INDICE DE ACCIDENTES CON BASE EN LOS VEHICULOS .-

$$I_{\frac{a}{v}} = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 10,000}{\text{No. de vehiculos registrados}} \quad (\text{Accidentes por cada } 10,000 \text{ vehiculos})$$

#### INDICE DE ACCIDENTES CON BASE EN EL KILOMETRAJE GENERADO .-

$$I_{\frac{a}{k}} = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 1,000,000}{\text{No. de vehiculos - kilómetro}} \quad (\text{Accidentes por cada millón de vehiculos - Km.})$$



**CAUSAS DE ACCIDENTES** .- El accidente es generalmente considerado como un caso fortuito, normalmente se piensa en una causa sin embargo incluye una serie de circunstancias contribuyentes. Dentro de éstas una muy frecuente es el exceso de velocidad o la invasión de la circulación contraria, así como la imprudencia para manejar -- (ir en contra de las reglas del camino generalmente).

En 1952 los Estados Unidos registraron aproximadamente 37,800 - muertos y 2,000,000 de heridos por accidentes de tránsito, las causas principales fueron :

EXCESO DE VELOCIDAD	46.8 %
INVACION DE CIRCULACION CONTRARIA	19.2 %
IMPRUDENCIA PARA MANEJAR	12.4 %
OTRAS CAUSAS	21.6 %

*Causas de accidentes en caminos federales de México.*

EXCESO DE VELOCIDAD	26.0 %
IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR	18.0 %
INVACION DE CIRCULACION CONTRARIA	12.0 %
DESPERFECTO DEL VEHICULO	11.0 %
IMPRUDENCIA DEL PEATON	8.0 %
DORMIRSE MANEJANDO	7.0 %

EBRIEDAD	4.0 %
OTRAS CAUSAS	14.0 %

*Causas de accidentes en la ciudad de Puebla en 1958.*

IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR	47.5 %
NO RESPETAR LA SENAL DE ALTO	21.5 %
EBRIEDAD	9.4 %
AL SALIR DEL ESTACIONAMIENTO	8.2 %
ESTACIONADO EN LA CALLE	7.5 %
EXCESO DE VELOCIDAD	4.1 %
FALLAS MECANICAS	1.8 %

*Actos del peatón cuando ocurrió el atropellamiento.*

CRUZABA FUERA DE LA ZONA PEATONAL	37.0 %
CAMINABA SOBRE EL ARROLLO	11.6 %
AL SALIR DE ATRAS DE UN VEHICULO ESTACIONADO	9.4 %
CRUZABA UNA INTERSECCION SIN SEMAFOROS	8.6 %
CRUZABA UNA INTERSECCION CON SEMAFOROS PERO CONTRA LA SENAL DE ALTO	7.1 %

Las pérdidas económicas por accidentes de tránsito han pasado a ocupar el primer lugar en casi todas las grandes ciudades del mundo.

Solo en Estados Unidos mueren anualmente cerca de 50,000 personas y cerca de 4,000,000 resultan lesionadas. En el año de 1951 se alcanzó la cifra de 1,000,000 de muertos en accidentes de tránsito - lo cual es mayor que las pérdidas que ha sufrido dicho país en las guerras de Corea, Vietnam, la primera y la segunda guerra mundial -- juntas .

En México anualmente se registran aproximadamente 6,700 muertos, 74,150 lesionados y \$426,000,000 de daños materiales directos.

INDICES COMPARATIVOS DE MORTALIDAD MEXICO - E.E.U.U.

No. DE MUERTOS POR CADA 10,000 VEHICULOS DE MOTOR

ANO	MEXICO	ESTADOS UNIDOS
1945	43.4	9.2
1950	46.9	7.2
1955	64.9	6.2
1960	34.0	5.2
1963	30.0	5.2

TIPOS DE ACCIDENTES EN CARRETERAS FEDERALES EN 1970.

CHOQUES

8,084

SALIDAS DEL CAMINO	7,400
VOLCADURAS	5,040
ATROPELLAMIENTOS	1,704
ALCANCES	1,394
OTROS	692

*Análisis de los accidentes .- Interesa llevar la estadística de accidentes por la ubicación de los mismos y por las personas físicas y morales que intervienen, interesa acumularlos con la ubicación del lugar en forma gráfica en un mapa de frecuencias pudiendo ser de la ciudad, de un sistema de caminos o de un tramo del mismo. La frecuencia en el curso del año servirá para enfatizar la labor de vigilancia y prevención de manera que se reduzcan los accidentes.*

CLASIFICACION VIAL { PRIMARIA .- AUTOPISTA Y VIAS PRIMARIAS  
SECUNDARIAS .- CALLES COLECTORAS, CALLES LOCALES, CALLES PEATONALES.

VOL. HORARIO MAXIMO = 10% DEL VOL. DIARIO

## ORIGEN Y DESTINO .-

Se deben de distinguir los movimientos básicos de origen y destino inmediato, esto se logra mediante un estudio específico de la ingeniería de tránsito con el objeto de planificar los caminos. --- Estos estudios básicamente se hacen a través de encuestas, para esto se requiere que intervenga la policía ya que si no el usuario no responde. Normalmente se aprovechan estas encuestas para hacer otro -- tipo de preguntas de interés general y que se requieran conocer.

A) Encuesta directa .- Es aquella que pone en contacto directo al usuario con el encuestador en el camino mismo preguntándole básicamente el origen último y el destino inmediato. La primer encuesta de este tipo se hizo en el norte del país con el fin de ubicar con precisión cuatro puentes que se querían construir para poder pasar al vecino país del norte.

B) El método de la tarjeta postal .- Se proporciona al usuario una tarjeta para que la llene con los datos que se indican enviando la posteriormente por correo, la tarjeta ya cuenta con timbres de -- manera que el usuario no tenga motivo para no enviarla, sin embargo este método a pesar de las ventajas que ofrece no es muy confiable ya que no todos los usuarios responden con la seriedad necesaria.

C) Identificación de placas .- Se colocan observadores que tomarán el número de las placas al entrar o al salir de la ciudad en estudio de periodos de 15 minutos, basta con tomar los tres últimos dígitos.

D) Encuesta domiciliaria .- Es el método más veraz y más completo sin embargo es el más costoso ya que se requiere de gran cantidad de encuestadores así como de una computadora para analizar los resultados.

Estos tipos de muestreos se deben de hacer en horas hábiles --- pudiendo alternar dos o más métodos. Las encuestas pueden ser para un determinado tipo de vehículo únicamente como pueden ser los vehículos comerciales, materialistas, etc., etc.

En poblaciones pequeñas los estudios indican que generalmente los usuarios no quieren entrar al centro del poblado a diferencia de ciudades grandes en donde si entran, a través de esto se pueden mejorar o modificar determinadas arterias según la encuesta, por ejemplo en 1953 se hizo el estudio de origen y destino en la ruta México - Cuernavaca - Acapulco en donde se vió que del 100% de vehículos que salían del D.F. solo el 31.0% seguía más allá de Cuernavaca, en Cuernavaca se quedaban el 59.0% y antes de llegar a Cuernavaca el 10.0%, esto se hizo con el fin de ver si la autopista se construía hasta Acapulco, como no se justificaba únicamente se construyó hasta Cuernavaca.

Vehículos originados en México y distribuidos entre México y Acapulco en la actualidad.

SALEN DE MEXICO	100.00 %
ENTRE MEXICO Y CUERNAVACA	9.50 %
A CUERNAVACA	59.10 %
MAS ALLA DE CUERNAVACA	41.40 %

Vehículos originados entre Acapulco y México con destino a Este.

DE MAS ALLA DE CUERNAVACA	32.40 %
---------------------------	---------

DE CUERNAVACA	62.60 %
ENTRE CUERNAVACA Y MEXICO	5.00 %
A MEXICO	100.00 %

## TRANSPORTE PUBLICO .-

Se refiere al traslado de personas en medios colectivos. Es uno de los medios más importantes de un País, Ciudad, Poblado, etc. El -- mayor porcentaje de ciudades depende del transporte público, por ejemplo Shanghai, N.Y., Inglaterra, Chicago, México, etc. siendo Este un -- factor básico para la actividad económica y social.

El transporte colectivo a ido evolucionando a grandes pasos a -- través del tiempo, en México el primer medio colectivo de transporte -- fué el ferrocarril en su tramo México - Villa de Guadalupe, posterior -- mente se amplió hasta Veracruz, después se iniciaron los tranvías su -- burbanos, los cuales dentro de la Ciudad eran jalados por caballos, - en las afueras de la ciudad eran cambiados por mulas ya que Estas tie -- nen mayor resistencia, con el tiempo se electrificaron, y con Esto se -- favoreció el crecimiento de la ciudad. Posteriormente apareció el -- automóvil, el trolebus y el metro. El autobús nació como consecuen -- cia de que los trabajadores de tranvías se declararon en huelga y pa -- ralizaron Esta actividad, por lo que el gobierno compró Este medio, - en ese entonces algunos choferes adaptaron sus transportes donde --- cabían aproximadamente 12 personas apareciendo así las primeras rutas -- hacia la periferia de la ciudad.

En ningún país por muy avanzado que Este esté se ha llegado a -- una solución del transporte ya que, para llegar a Esta se requiere la -- combinación de los distintos medios como son : el tren suburbano, --- autobuses, taxis, peseros, etc., etc., ya que uno solo de estos -- medios no es suficiente. Por ejemplo Inglaterra para 1863 ya contaba -- con 342 Km de longitud de metro, en 1868 N.Y. contaba con 381 Km y -- hasta la fecha no han podido solucionar su problema de transporte --- colectivo de las masas. México hasta 1967 inició la construcción de -- Este sistema de transporte iniciando con tres líneas en una longitud -- total de 42.2 Km entrando en servicio en 1969.



TRANSPORTE FORANEO DE PASAJEROS EN MEXICO (%)

AÑO	F.F.C.C.	AUTOBUS	AVION
1940	50.5	49.3	0.2
1950	22.0	77.3	0.7
1959	12.7	86.2	1.1

DISTRIBUCION DEL TRANSPORTE FORANEO DE PASAJEROS EN ESTADOS UNIDOS (%)

AÑO	F.F.C.C.	AUTOBUSES/FORANEOS	AVION	TRANSPORTE POR AGUA
1930	70.9	24.9	0.3	3.9
1940	62.5	30.6	3.0	3.9
1950	46.2	37.4	14.0	2.0
1960	27.5	25.5	43.5	3.5
1969	7.8	17.6	72.6	2.6

DISTRIBUCION MODAL (%)

AÑO	AUTOMOVIL	AUTOBUS	F.F.C.C.
1970	36	59	5
1975	41	57	2
1980	36	63	1
1981	35	64	1

En la construcción del transporte colectivo metro el problema - es el costo, sin embargo es utilizado en 42 ciudades del mundo. El más antiguo es el de Londres. En América Latina el más antiguo es el de Argentina existiendo desde 1913 con 5 líneas y 34 Km de longitud.

#### DISTRIBUCION MODAL EN EL D.F. (1979)

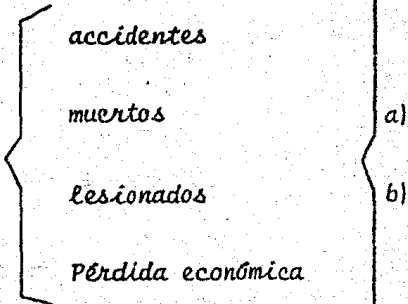
##### VIAJES-PERSONA

MEDIO	UNIDADES	% DE VIAJES-PERSONA
AUTOBUS	5,460	50 %
AUTOMOVIL	1,346,689	19 %
METRO	735	12 %
TAXIS INCLUYENDO COLECTIVOS	37,000	13 %
TRANVIAS Y TROLEBUSES	623	3 %
OTROS		3 %

En el transporte público la seguridad es primordial, así como - la eficiencia de operación, además de que debe ser suficiente. Cada ruta existente debe de llevar sus estadísticas de accidentes así -- como de velocidad de recorrido, de manera de que se pueda brindar un mejor servicio al usuario.

#### I .- SEGURIDAD

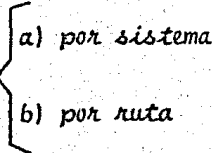
A) No. absolutos



a) por sistema

b) por ruta

B) Indices

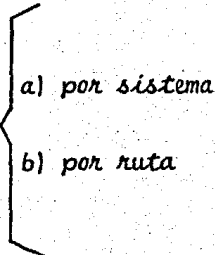


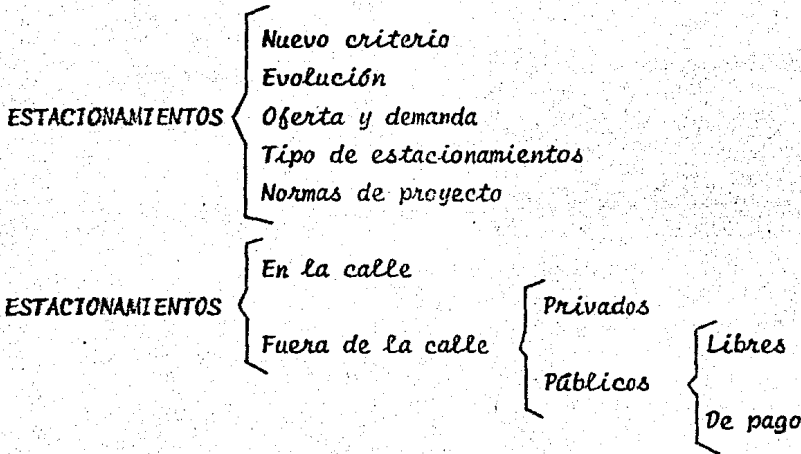
II .- EFICIENCIA

A) Cobertura

B) Velocidad comercial

C) Ocupación





El nuevo criterio se refiere a que el final de cualquier viaje es la terminal, por lo que todo plan de vialidad urbana debe considerar estacionamientos pues según estadísticas de las 24 horas del día un automóvil particular aproximadamente está estacionado de 20 a 21 horas.

En sus inicios el automóvil se estacionaba en la vía pública, - esto era posible por su escaso número, sin embargo su aumento desmedido y el trazo de la ciudad lo han ido restringiendo debido a la demanda de circulación. Actualmente para autorizar la construcción de casas habitación, departamentos, restaurantes, centros comerciales etc., se exige que tengan un número determinado de cajones de estacionamiento dependiendo en número de la construcción de que se trate. En Estado Unidos se comenzó a hacer esto desde 1920 y en Alemania desde 1936.

**INDICE** .- Es la relación de los pasajeros a bordo y la capacidad del autobús.

Para conocer los espacios disponibles para estacionarse en calles que lo permitan se toma la longitud de las calles, se restan

los espacios prohibidos y se deduce el número de vehículos que caben en dicha longitud. De esta manera se puede conocer el índice de -- calle que lo permitan se toma la longitud de las calles, se restan -- los espacios prohibidos y se deduce el número de vehículos que caben en dicha longitud. De esta manera se puede conocer el índice de ocupación, por ejemplo si en determinada longitud hay 100 cajones de -- estacionamiento y en varias superposiciones al día se contaron 250 -- automóviles estacionados, quiere decir que el índice de ocupación fue de 2.55, por lo que cada cajón fue usado en promedio 2½ veces.

El tiempo de estacionamiento se limita con objeto de aumentar el índice de ocupación y esto se logra a través de los estacionómetros.

Según un estudio de duración en estacionamientos de 20 ciudades, de 18,000 a 1,600,000 habitantes se obtuvieron los siguientes resultados :

COMPRAS	PROMEDIO	1.1 HORAS
NEGOCIOS	"	1.1 "
TRABAJO	"	4.1 "
OTROS	"	1.4 "

#### NORMAS DE PROYECTO .-

#### Estacionamiento en la calle

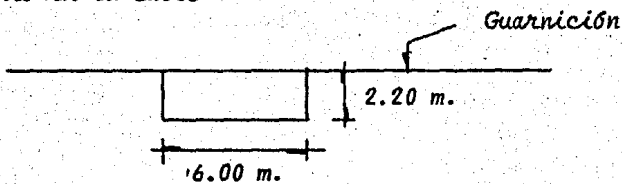


FIGURA No. 12.1

En este caso el estacionómetro no debe de estar a menos de 30cm de la guarnición y a un máximo de 60 cm. :

**DIMENSIONES MINIMAS DE CAJONES :**

TIPO DE AUTOMOVIL	EN BATERIA	EN CORDON
A) GRANDES Y MEDIANOS	5.00 x 2.40	6.00 x 2.40
B) CHICOS	4.20 x 2.20	5.00 x 2.00

ANGULO DE CAJÓN	TIPO DE AUTOMOVIL	
	GRANDES Y MEDIANOS	CHICOS
30°	3.00	2.70
45°	3.30	3.00
60°	5.00	4.00
90°	6.00	5.00

Eficiencia es la relación existente entre la superficie y el número de cajones disponibles por ejemplo :

$$\text{SUPERFICIE} = 3,000 \text{ m}^2$$

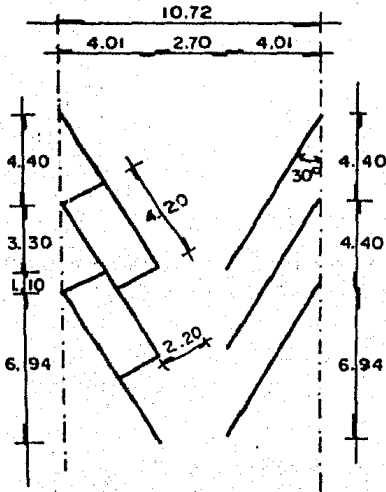
$$\text{No. DE CAJONES} = 200 \text{ Vehiculos}$$

$$E = \frac{S}{n} = \frac{3000 \text{ m}^2}{200 \text{ Veh.}} = 15 \text{ m}^2 / \text{Vehículo}$$

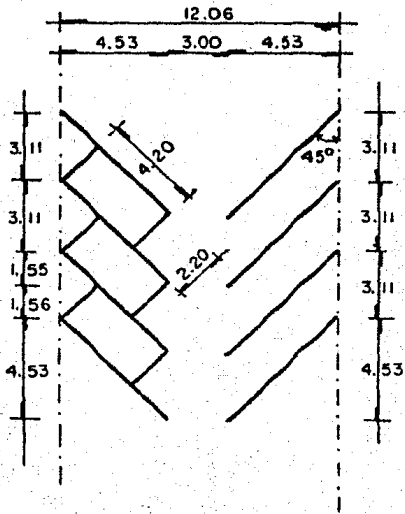
El mejor proyecto es aquel en el que caben más vehículos

COMBINACION DE PASTILLOS Y CAJONES

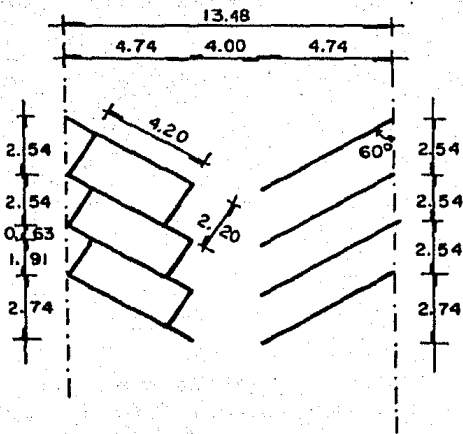
$\alpha 30^\circ$



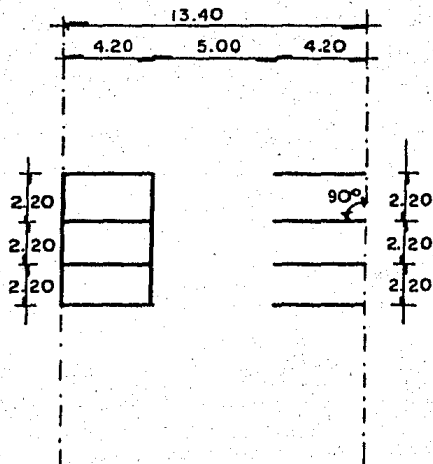
$\alpha 45^\circ$



$\alpha 60^\circ$

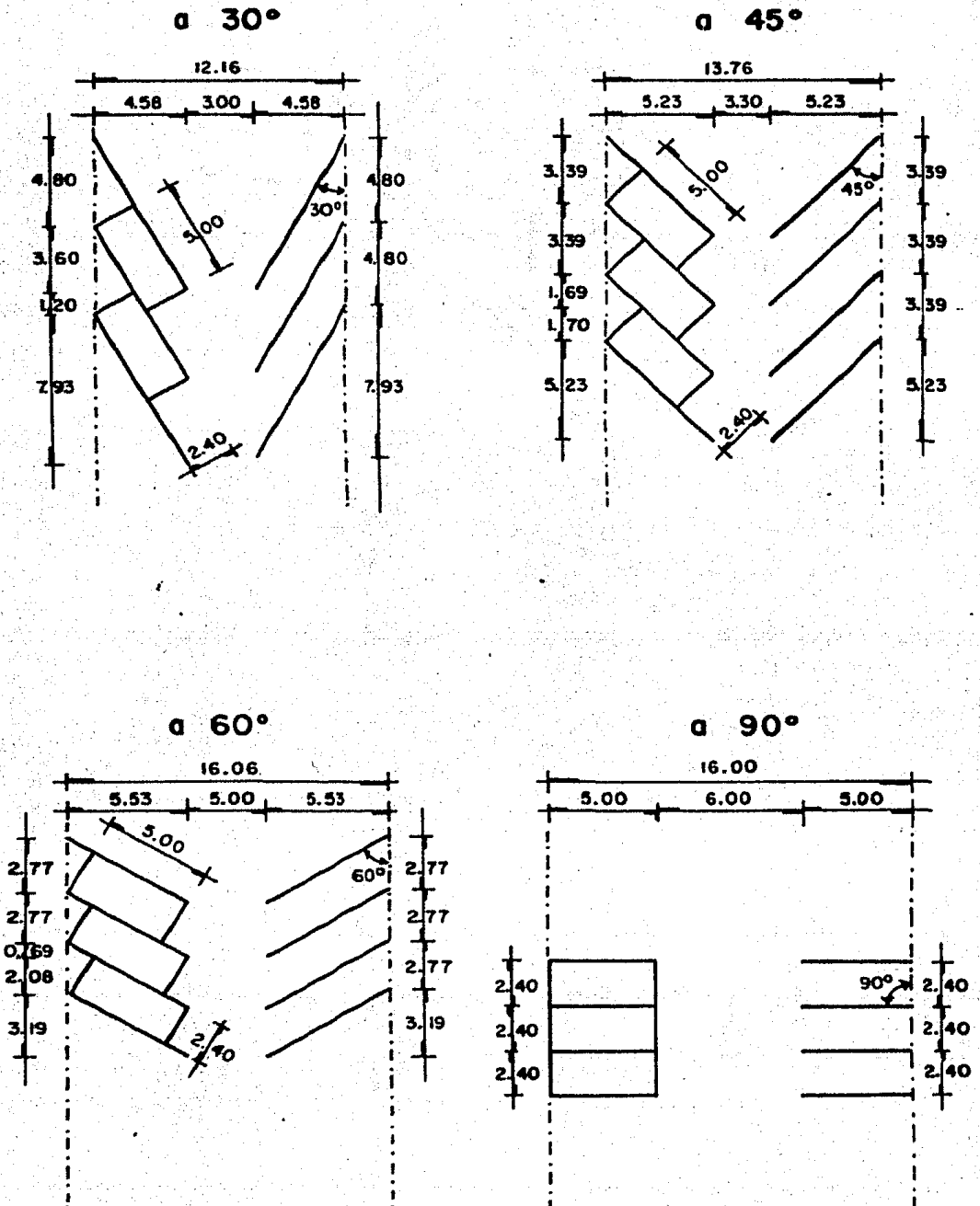


$\alpha 90^\circ$



DIMENSIONES MINIMAS PARA CAJONES DE ESTACIONAMIENTOS (autos chicos)

FIGURA No. 12.2



**DIMENSIONES MINIMAS PARA CAJONES DE ESTACIONA MIENTOS ( autos grandes y medianos ).**

FIGURA No. 12.3

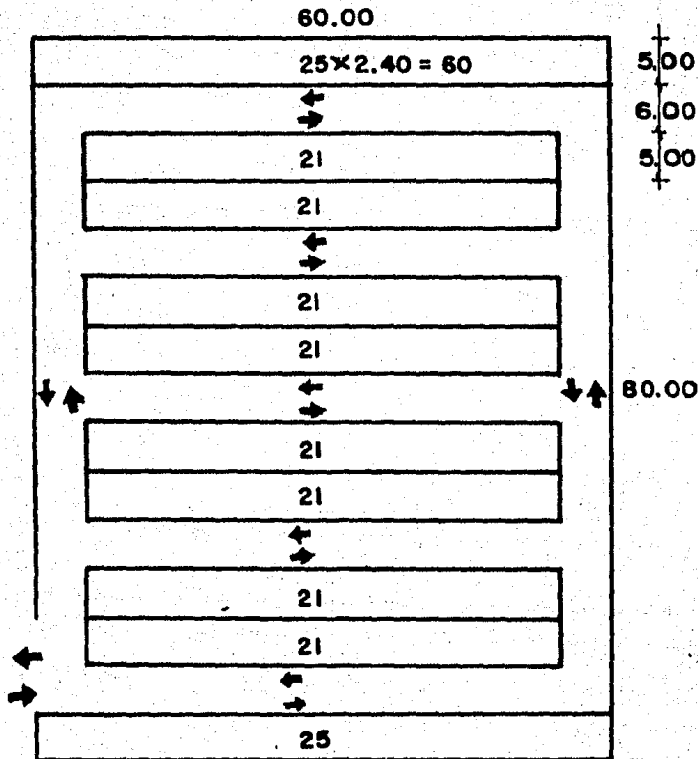


Para proyectar las entradas o salidas se debe hacer lo más lejos de las esquinas y tratar de que éstas no estén en calles principales.

Así mismo se deben buscar los cajones de 90° ya que son los que dan una mayor eficiencia.

Ejemplo :

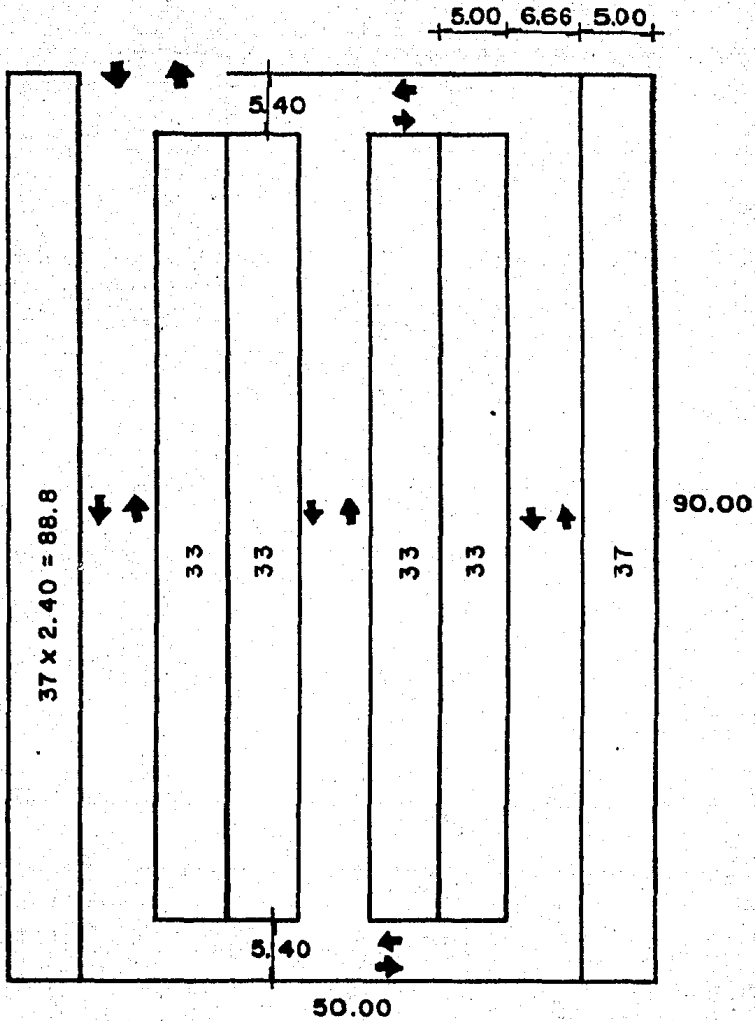
Se tiene un terreno plano de 60 x 80 m, encontrar su índice de eficiencia.



$$42 \times 4 + 25 \times 2 = 218 \text{ cajones}$$

$$\text{Índice de eficiencia} = \frac{4800 \text{ m}^2}{218 \text{ Vehículos}} = 22 \text{ m}^2/\text{veh.}$$

TERRENO DE 90 x 50



$$37 \times 2 + 66 \times 2 = 206 \text{ CAJONES}$$

$$E = \frac{4500 \text{ m}^2}{206 \text{ veh}} = 21 \text{ m}^2/\text{veh.}$$

## SEMAFOROS .-

Su finalidad principal es la de permitir el paso alternado a las corrientes de tránsito que se cruzan permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

Si la instalación y operación de éstos es correcta aportarán muchas ventajas, en cambio si uno o más son deficientes entorpecerán el tránsito tanto de vehículos como de peatones. Se recomienda que cuando menos todo semáforo cuente con tres lentes por cara: rojo, -- ambar y verde pudiendo tener además flecha izquierda o flecha derecha, así mismo se recomiendan dos caras por acceso ya que si no uno es tapado por algún vehículo grande el otro estará a la vista. La colocación de más de dos semáforos por acceso dependerá de las condiciones locales.

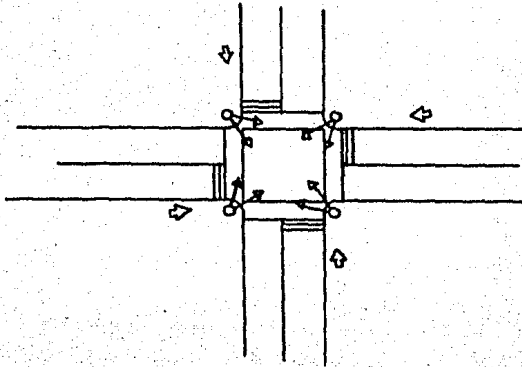


FIGURA No. 13.1

La selección y ordenamiento de movimientos simultáneos es lo que se denomina fase. Para obtener un mínimo de retardos cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos logrando - así admitir mayor volumen de vehículos en la intersección. En general, el número de fases diferentes debe reducirse al mínimo, considerando la seguridad y eficiencia.

La secuencia completa de fases, en el menor tiempo posible constituye un ciclo del semáforo y la distribución de tiempo a cada fase debe estar en relación directa a los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes.

Ejemplo .- Suponiendo que se ha escogido un ciclo de 60 segundos y que el tiempo necesario para que los vehículos desalojen la intersección inmediatamente después de la indicación de Siga, es de 5 segundos en Siga a dividirse entre las dos calles. Suponiendo que -- los volúmenes  $V_a$  y  $V_b$  en los carriles críticos durante la hora de máxima intensidad de tránsito en las calles A y B, son de 400 y 250 vehículos respectivamente. En el primer caso supongamos que el espaciamiento entre vehículos para cada una de las calles es el mismo. Los tiempos aproximados  $T_a$  y  $T_b$  correspondientes a la indicación de Siga, para las calles A y B respectivamente:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{400}{250}$$

$$T_a + T_b = 50 \text{ seg. (tiempo total en siga)}$$

$$\frac{T_a}{50 - T_a} = \frac{400}{250}$$

$$\therefore T_a = 31 \text{ seg.}$$

$$T_b = 50 - 31 = 19 \text{ seg.}$$

En el segundo caso, suponemos que el espaciamiento entre vehículo al arrancar en la calle A ( $E_a$ )=3 segundos y el espaciamiento ( $E_b$ ) en la calle B es de 5 segundos.

La diferencia en espaciamiento se podría deber a un alto porcentaje de camiones en el carril crítico de la calle B. La división de los tiempos con indicaciones de Siga se obtiene en forma aproximada como sigue :

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{V_a \times E_a}{V_b \times E_b} = \frac{400 \times 3}{250 \times 5}$$

$$\frac{T_a}{50 - T_a} = \frac{400 \times 3}{250 \times 5}$$

$$T_a = 24 \text{ segundos}$$

$$T_b = 50 - 24 = 26 \text{ segundos}$$

Como regla general ningún lapso de Siga será menor que el tiempo necesario para que el grupo de peatones que esperan el paso puedan cruzar. Cuando el tiempo para cruce de peatones coincida con el periodo de Siga para vehículos se debe disponer de 5 segundos durante los cuales se indica a los peatones que pueden empezar a cruzar. Por ejemplo : Si se requieren 14 segundos para que los peatones crucen la calle o lleguen a una zona de seguridad y el intervalo para despeje de vehículos (ambar) es de 3 segundos, el intervalo total en Siga debe ser como mínimo de :  $5 + 14 - 3 = 16$  segundos.

#### INSTALACION DE SEMAFOROS .-

Requisitos para su instalación

1.- Volúmen mínimo de vehículos

No. de carriles por acceso-calle principal-calle secundaria.		Veh/h en la calle principal ( ambos sentidos ).	Veh/h en el acceso de mayor volumen - en la calle secundaria (1 sentido).
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Los volúmenes para las calles principal y secundaria corresponden a 8 horas.

2.- Interrupción del tránsito continuo .- Se aplica cuando las condiciones de operación de la calle principal son de tal naturaleza -- que el tránsito en la calle secundaria sufre demoras o riesgos excesivos al entrar a la calle principal.

No. de carriles por acceso-calle principal-calle secundaria.		Veh/h en la calle principal ( ambos sentidos ).	Veh/h en la calle-secundaria acceso-de mayor volumen. ( 1 sentido )
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
2 o más	2 o más	750	100

Los volúmenes para las calles principales y secundarias corresponden a 8 horas si la velocidad media dentro de la cual circula el 85% del tránsito de la calle principal excede de 60 Km/h o si la intersección está en una población de menos de 10,000 habitantes, el requisito se reduce al 70% de los valores indicados.

3.- Volúmen mínimo de peatones .-

Calle principal	Veh/h en ambos sentidos con camellon - sin sentido.	Peatones/h cruce de mayor volúmen.
100	600	150
700	420	105

Cuando la velocidad dentro de la cual circula el 85% del tránsito excede de 60 Km/h o si la intersección está en una población con menos de 10,000 hab. el requisito se reduce al 70%. El semáforo que se instala conforme a este requisito en un cruce aislado, debe ser del tipo accionado por el tránsito. Puede tener botón para uso de los peatones.

4.- Movimiento progresivo .-

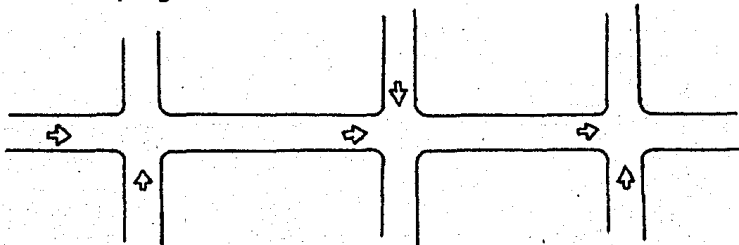


FIGURA No. 13.2

El cruce libre obliga a que se coloquen semáforos ya que si no interrumpen el movimiento continuo del tramo.

5.- Accidentes .- Cuando hay 5 o más accidentes por año con heridos y daños materiales altos, además de cumplir con un 80% o más de los requisitos 1, 2 y 3.

6.- Combinación de los requisitos anteriores .- Los semáforos -- pueden justificarse en casos en que ninguno de los requisitos anteriores se cumplan, siempre y cuando dos o más satisfacen en un 80% de los valores mencionados.

Coordinación de semáforos .- Los sistemas coordinados pueden o no, estar sujetos a un control maestro. En caso de existir, la interconexión puede lograrse mediante cables o radio. En general, los semáforos de tiempo fijo dentro de un radio de 400 m y que regulan las mismas condiciones de tránsito deben funcionar en forma coordinada. Aún a distancias mayores, pueden resultar convenientes. Existen cuatro sistemas de coordinación :

1.- Sistema simultaneo .- Es cuando todos los semáforos muestran la misma fase o indicación al mismo tiempo, quiere decir todos verdes o rojos.

$D=3.6 VC$

D=Espaciamiento de semáforos en m

V=Velocidad en Km/h

C=Duración del ciclo en segundos

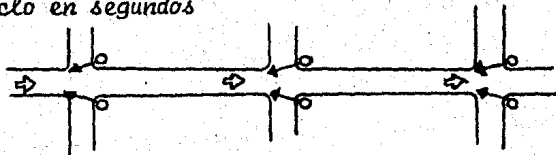


FIGURA No. 13.3



2.- *Sistema alternado* .- Es cuando los semáforos muestran sus faces o indicaciones alternadas a lo largo del tramo. Los sistemas alternos dobles y triples consisten en grupos de dos y tres semáforos que, respectivamente muestran indicaciones contrarias.

3.- *Sistema progresivo simple o limitado* .- Se trata de varios semáforos sucesivos a lo largo de una calle, que dan la indicación de -- Siga de acuerdo con una variación de tiempo que permite, hasta donde es posible, la operación continua de grupos de vehículos a velocidad fija. No hay variación en el día. Cada cruceo puede tener una división diferente de ciclo, pero dicha división permanece fija.

4.- *Sistema progresivo flexible* .- En este sistema es posible que cada cruceo con semáforo varíe automáticamente en varios aspectos. - Mediante el uso de controles de cruceos con carátulas múltiples es posible establecer varios programas para subdividir el ciclo. Además es posible cambiar los desfases con la frecuencia deseada.

Se pueden establecer programas de tiempo predeterminado en los controles múltiples para dar preferencia a las circulaciones en las horas de máxima demanda. No obstante que todo el sistema usa un ciclo común, la duración y subdivisión de este puede variar en función de los cambios de volumen de vehículos. Con base en la variación de los volúmenes de tránsito y la selección de la velocidad adecuada se puede lograr un movimiento continuo a lo largo de una arteria, especialmente si es de un solo sentido.

La supervisión de los controles individuales de los cruceos se logra desde un control maestro a través de circuitos interconectados por medio de señales de radio o bien, a través de líneas telefónicas arrendadas.

### Diagrama Espacio - Tiempo .-

El método de tanteos con el diagrama de espacio-tiempo permite proyectar los desfases para obtener un movimiento continuo a lo largo de una arteria. Como complemento del método gráfico puede verificarse el proyecto por el método matemático, que permite conocer a fondo las condiciones en que funcionará el sistema.

En el diagrama, en el sentido horizontal se representa la calle a lo largo de la cual está establecido este sistema. En las calles transversales se coloca la presentación gráfica del programa particular de los semáforos de cada intersección, o sea, qué en el sentido vertical está representado el tiempo de duración del ciclo del semáforo, con sus divisiones.

Simulando el avance de un vehículo a lo largo de una calle, -- pueden trazarse líneas diagonales de acuerdo con el tiempo que requieren esos recorridos. Estas líneas naturalmente pasaran por la sección correspondiente al color verde de Siga. Así puede obtenerse una faja dentro de los límites que permitan el rojo y el ambar.- El ancho de esa faja se mide en segundos.

La velocidad de cruce está dado por la relación del espacio-recorrido dividido entre el tiempo. Gráficamente dicha velocidad -- está representada por la pendiente de la faja antes citada.

La finalidad de estos diagramas, en los que las gráficas verticales de la distribución de tiempos de los semáforos pueden variar en tanteos sucesivos, es encontrar los desfases necesarios de una intersección a otra para obtener la pendiente (o velocidad) y -- el ancho de banda más conveniente. El procedimiento gráfico se -- hace para ambos sentidos de circulación, buscando una solución equilibrada de acuerdo con la demanda.

La eficiencia del diagrama espacio-tiempo puede expresarse en porcentaje, al dividir el ancho mínimo de la faja de movimiento continuo, entre la duración del ciclo. Aunque es de desearse una eficiencia entre el 40 y 55%, frecuentemente sólo se logra un porcentaje el 25 y 40%.

#### *Semáforos accionados por el tránsito .-*

La característica principal de la operación de semáforos accionados por el tránsito es que la duración de los ciclos responden en general a las variaciones en la demanda de tránsito vehicular. Dicha demanda es registrada por aparatos detectores conectados al control del semáforo. Este tipo de control continuamente sufre ajustes en la duración del ciclo y en la división interna del mismo para satisfacer la demanda. Cuando hay varias fases, ni siquiera la secuencia de las mismas es fija, ya que cualquiera de ellas puede ser omitida en el ciclo, si no hay demanda que la justifique.

Si los detectores son usados solamente en algunos de los accesos de la intersección, el tipo de control es llamado semiaccionado. Si es usado en todos los accesos, es llamado totalmente accionado.

Se distingue un tercer tipo de control cuando las indicaciones en los controles locales de cierta zona varían de acuerdo con la información recibida sobre fluctuaciones del tránsito suministrados a un control maestro por detectores localizados en puntos claves.

Para instalar semáforos accionados por el tránsito deben analizarse previamente algunos, como son :

- a) Volúmen de vehículos
- b) Movimiento transversal

- c) Horas de máxima demanda
- d) Peatones
- e) Accidentes
- f) Amplias fluctuaciones de tránsito
- g) Intersecciones complejas
- h) Sistemas progresivos
- i) Cruces de peatones fuera de la intersección

Control semiaccionado .- En este sistema el derecho de paso -- corresponde usualmente a la arteria principal y es transferido a la -- vía transversal sobre demanda. La demanda es registrada por los -- detectores instalados en el o los accesos de las calles transversales.

Una secuencia de operación para semáforos de dos fases sería la siguiente :

a) Verde mínimo de calle principal (10 a 90 seg.) Si un control es accionado en la arteria principal antes de que expire el intervalo la cesión del derecho de paso a la calle transversal es retardado hasta que aquél termina.

b) Intervalo de despeje de la calle principal (1 a 10 seg.) El periodo fijado para este intervalo determina la duración del tiempo para despejar el cruce después de terminarse el Siga.

c) *Intervalo inicial de calle transversal (1 a 12 seg.)* Este intervalo permite que arranquen los vehículos que esperan el Siga.

d) *Intervalo para vehículos de calle lateral (2 a 12 seg.)* Al terminar el intervalo inicial, la continuidad del Siga depende del intervalo para vehículos. Su duración está en función del tiempo -- que requiere un automóvil para recorrer la distancia entre el detector y la intersección. La acción de cada vehículo sucesivo reinicia el intervalo y anula la parte no usada del intervalo precedente.

e) *Extensión máxima para calle lateral (10 a 60 seg.)* Este -- intervalo limita la reiniciación permanente del intervalo para vehículos de la calle transversal, transfiriendo el Siga a la calle prin cipal.

f) *Intervalo de despeje de calle transversal (1 a 10 seg.)* -- Este periodo despeja el crucero después de terminar el verde de la -- calle transversal.

**CONTROL TOTALMENTE ACCIONADO** .- Trabaja en la misma forma que el anterior, sobre la demanda registrada a través de los detectores. Si se trata de dos fases, ambas constan del intervalo inicial y el -- de vehículos, así como extensiones y despejes. Como ambas fases son accionadas, cualquiera puede ser suprimida en ausencia de demanda. -- El Siga permanecerá con la calle que lo solicitó al último. En intersecciones complejas puede haber hasta cuatro fases.

a) *Intervalo inicial (2 a 30 seg.)* .- Permite el arranque de los vehículos y es ajustable.

b) *Intervalo de vehículos (2 a 30 seg.)* .- Permite al vehi-- culo desplazarse desde el detector hasta el crucero. Cada vehículo-

que acciona el detector reinicia el intervalo. Cuando el intervalo llega al máximo prefijado el paso es cedido, sobre demanda, a una fase opuesta.

c) Intervalo máximo (10 a 60 seg.) .- Tiempo máximo del que una continua demanda puede disponer en cualquiera de las otras tres fases.

d) Intervalo de despeje (1 a 10 seg.) .- Duración de despeje a continuación del Siga.

#### CONTROL VOLUMEN-DENSIDAD O ADAPTABLE

La característica de Este tipo de controles es que puede tomar en cuenta los volúmenes instantáneos de tránsito, la densidad y el tiempo de espera consumido en cada fase.

Los tiempos para el intervalo inicial y el de extensión pueden variar automáticamente en relación con el panorama general de la circulación en cada acceso. Para este tipo de control los detectores están ubicados en una posición más alejada que la usual para controles totalmente accionados.

DETECTORES .- Registran el paso de vehículos en los cruces con control accionado y son :

a) De presión .- Está enterrado con la parte superior al nivel del pavimento. A la presión ejercida por el vehículo se cierra un círculo que registra la presencia de éste.

b) Magnetismo .- Los hay compensados y no compensados. Ambos quedan enterrados bajo el pavimento. No consumen corriente eléctrica y carecen de partes móviles. El tipo compensado no está influenciado por tranvías o trolebuses y su zona de influencia está bien -

definida. El no compensado no tiene zona de influencia precisa y -- puede ser afectado por el paso de los tranvías y trolebuses.

c) De radar .- Un transmisor montado sobre el brazo de un arbotante de luz pública emite un haz cónico de microondas. Al pasar-bajo él un vehículo. parte de las ondas son reflejadas hacia la ante-na receptora localizada en la misma unidad. La señal resultante es transmitida a la caja de control indicando la presencia del vehículo.

d) De introducción .- Son quizás, los de uso más extendido en las grandes ciudades. Por lo general se trata de un alambre en forma de lazo rectangular o hexagonal que se inserta bajo el pavimento, mediante una ranura que después se tapa, y un amplificador. Al pa-sar un vehículo sobre el lazo el campo magnético del mismo registra-la presencia de la masa metálica. A su vez, el amplificador envía - el impulso a la caja de control.

e) Otros .- Recientemente se han desarrollado detectores bajo el principio de los rayos infrarrojos y del ultra sonido.

La nueva tecnología .- Se basa en el uso de computadoras. Las instalaciones están constituidas por una red de semáforos interconec-tados, provistos de detectores. En vez de que éstos detectores --- actúen directamente en el control de la intersección, envía sus da-tos a través de un dispositivo intermedio a la computadora en el con-trol central. La computadora previamente programada para las dife-rentes situaciones que se pueden presentar, selecciona el programa -- más adecuado para los patrones de movimiento a esa hora del día, tra-tando de optimizar el uso de la calle, con preferencia a los mayores volúmenes de tránsito y tratando de reducir las demoras al mínimo.

En algunas ciudades se está haciendo uso de varias computadoras interconectadas a sendos sistemas de semáforos de la ciudad por zo-nas. A su vez, dichas computadoras están interconectadas a una ---

computadora central. En otros casos el equipo central es complementado por una serie de dispositivos o equipo que permite registrar -- los datos que se obtienen en las calles, almacenarlos y presentarlos para su uso en diferentes formas : impresos, en pantallas de rayos - catódicos o en mapas de la red viál.

Las primeras aplicaciones .- Se reconoce a Toronto en Canadá - como la primera ciudad en que se generó el control del tránsito por-computadora. En 1959 se instaló una IBM-650 para controlar nueve - intersecciones de prueba, más tarde el sistema se substituyó por uno de más capacidad que empleó una computadora UNIVAC-1107 y paulatina- mente fué creciendo hasta alcanzar hoy en día 814 intersecciones. Se espera que llegue a controlar 1000 cruceros y que las instalaciones- en las calles incluyan detectores del tipo de inducción.

La instalación en Londres se basa actualmente en la utiliza- - ción de computadoras Alemanas aunque el equipo en la calle es de -- manufactura Inglesa. La primera computadora fué instalada en 1963,- actualmente el sistema controla 300 intersecciones. La instalación- posee dos computadoras SIEMENS-306 con unidades de disco y cinta mag- nética.

En 1966 se introdujo la primera computadora en Berlín Occiden- - tal controlando 80 intersecciones, para 1973 la instalación contaba- con 713 intersecciones controladas, para esto se encuentran instala- das 10 computadoras, cada una controla hasta 80 intersecciones. Las SIEMENS son de modelo VSR-16000.

En Tokio desde fines de 1970 funciona un sistema de control por computadora que consiste prácticamente de dos partes, la primera -- incluye una red con 441 intersecciones bajo control central de una - computadora de gran capacidad y manufactura japonesa de marca ---- Tateishi, la otra realiza el control de 16 avenida y opera un total de 232 intersecciones.



En Estados Unidos de Norteamérica se han realizado varias instalaciones con características diferentes a las demás. Por ejemplo la ciudad de Baltimore posee el sistema basado en computadora analógica más grande que existe, sin embargo se piensa en cambiarla por una o varias computadoras digitales. En Nueva York se tiene un sistema -- consistente en 10 computadoras digitales IBM-1800 y una computadora-IBM-360/50 que las dirige. Existen además éstos tipos de controles- en California, en South Carolina, en Washington D.C. etc.

En 1968 se instaló el sistema computarizado en Madrid, ese mismo año también se instaló el Lisboa, la computadora usualmente empleada en estos sistemas es la HEWLETT-PACKARD 2100.

En la ciudad de Buenos Aires en Argentina se tiene un sistema - que controla 300 cruceros con una computadora SIEMENS VSR-16000.

Aplicaciones en México .- En el D.F. en Diciembre de 1972 se - rebasó la cantidad de 1,000,000 de vehículos de motor, Ese mismo año se llevó a cabo un estudio integral del sistema de semáforos previo-concurso celebrado por varias compañías extranjeras. La casa --- SIEMENS de Alemania fue la que realizó dicho estudio. Como resultado se resumió la necesidad de introducir un sistema dinámico que requiera cambiar el cableado y la introducción de controles electrónicos accionados mediante detectores y un control central gobernado -- por computadoras. A fin de realizarlo por etapas, la ciudad quedó - dividida en seis subsistemas de acuerdo con zonas homogéneas en patrones de movimiento y una estrategia general de circulación interna de la ciudad. El subsistema que corresponda a la zona central contempla el control de no menos de 400 cruceros.

Simultáneamente al estudio integral se contrató la instalación- de un sistema piloto, con equipo electrónico español marca EVSSA, -- comprendiendo 64 cruceros, controlados por una computadora HEWLETT - PACKARD. De esos cruceros 20 corresponden a un tramo de Insurgentes

Sur entre Romero de Terreros y Barranca del Muerto, y los otros cuatro cruceros corresponden a la Zona Rosa y calles inmediatas. Al mismo tiempo se experimentó una instalación lineal y una red. El sistema COAUTRAN inició su operación en 1973. Su instalación permitió obtener valiosa información. Los resultados en los primeros meses de operación fueron satisfactorios, lograndose reducciones apreciables en los tiempos de recorrido y en el número de paradas, del orden del 25% y 20% respectivamente en promedio.

#### CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA INICIAL .-

Contando la instalación desde la calle hasta el control central se tiene :

##### ZONA ROSA

- 37 Detectores de inducción tipo E-III
- 2 Estaciones transmisoras de datos Modelo ETD-II
- 2 Modem
- 2 Minicomputadoras de zona Modelo DGF-II
- 30 Controles locales (22 Modelo M1 y 8 Modelo M3)
- 44 Cruceros controlados.

##### INSURGENTES SUR

- 22 Detectores de inducción
- 1 Estación transmisora de datos Modelo ETD-II

- 1 Modem
- 1 Minicomputadora de zona Modelo DGF-II
- 12 Controles locales (8 Modelo M1 y 4 Modelo M3)
- 20 Cruceros controlados

#### CONTROL CENTRAL

- 1 Computadora HP-2100 A (1), de 32 K
- 1 Perforadora de cinta Modelo 2895-A
- 1 Lectora de cinta Modelo 27488-001
- 2 Teleimpresoras 2752-A001
- 2 Pantallas de teleproceso 2600A-015
- 1 Inter-enlace EP-VI
- 3 Modem Sangamo D
- 1 Mapa electrónico PAE-VI

En la instalación de la calle, para enlazar los cruceros entre sí se utilizó cable tipo telefónico, de 4 a 50 pares, calibre 19, un poliducto ahogado en concreto. De los controles a los semáforos se usaron cables de 4 conductores, calibre 14.

Este sistema se amplió a un total de 135 cruceros entre 1977 y 1978.

*Semáforos para peatones .-* Cuentan con una simbología o texto para uso exclusivo del peatón, su finalidad es facilitar y ordenar el paso por el cruce. Estos trabajan conectados con los semáforos de vehículos ya sea en fase combinada o en fase individual.

*Semáforos de Destello .-* Se usan para llamar la atención sobre un lugar peligroso o bien a las horas en que no es indispensable el control total de semáforos. El elemento de iluminación intermitente debe encenderse no menos de 50 ni más de 60 veces por minuto, generalmente se usará el destello de color ambar sobre las vías que tiene prioridad o como prevención antes de un cruce de ferrocarril.