

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
 FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U. N. A. M.
DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO.

PROGRAMA DEL CURSO

FECHA	TEMA	CONFERENCISTA	HORARIO
Lunes 14 de Abril	1).- Introducción. Objetivos principales. Clasificación de dispositivos. Condiciones necesarias para su aplicación.	Ing. José Reyes García	17:00 - 18:20
	2).- Manual de Dispositivos de México y normas de otros países.	Ing. José Reyes García	18:20 - 19:40
	3).- Señalamiento Vertical. Uso de las señales preventivas, restrictivas e informativas. Forma, color, tamaño iluminación y ubicación.	Ing. José Reyes García	19:40 - 21:00
Martes 15 de Abril	4).- Trazo, formación de palabras y textos.	Ing. José Reyes García	17:00 - 18:20
	5).- Señalamiento Vertical. Materiales empleados y especificaciones de construcción. Normas de proyecto.	Ing. José Reyes García	18:20 - 19:40
	6).- Ejemplos de señalamiento vertical.	Ing. José Reyes García	19:40 - 21:00
Miércoles 16 Abril	7).- Proyectos de Señalamiento Vertical.	Ing. José Reyes García	17:00 - 18:20
	8) - Señalamiento horizontal. Marcas en el pavimento, isletas y obras diversas. -- Elementos generales del proyecto.	Ing. José Reyes García	18:20 - 19:40
	9).- Ejemplos de señalamiento horizontal, en carreteras.	Ing. José Reyes García	19:40 - 21:00

DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

PROGRAMA DEL CURSO (continuación)

FECHA	TEMA	CONFERENCISTA	HORARIO
Jueves 17 de abril	10).- Ejemplos de señalamiento horizontal en zona urbana.	Arq. Moisés Ornelas	17:00 - 18:20
	11).- Semáforos. Elementos y clasificación.	Ing. Luis Piña Guerrero	18:20 - 19:40
	12).- Semáforos de tiempo fijo y accionados por el tránsito.	Ing. Luis Piña Guerrero	19:40 - 21:00
Viernes 18 de abril	13).- Determinación del número de fases; -- cálculo del tiempo de ciclo.	Ing. Ernesto Flores Uriegas	17:00 - 18:20
	14).- Reparto del ciclo; tiempo de despeje	Ing. Ernesto Flores Uriegas	18:20 - 19:40
	15).- Cálculo de capacidad y volúmenes de -- servicio en intersecciones controladas por semáforos.	Ing. Ernesto Flores Uriegas	19:40 - 21:00
Lunes 21 de abril	16).- Ejemplos de programación de semáforos	Ing. Cristino Montoya	17:00 - 18:20
	17).- Proyectos de programación de semáforos.	Ing. Cristino Montoya	18:20 - 19:40
	18).- Aspectos económicos de los semáforos.	Ing. Cristino Montoya	19:40 - 21:00
Martes 22 de abril	19).- Sistemas para la coordinación de semáforos. Condiciones que afectan su eficiencia.	Ing. Oscar Medina Gámez	17:00 - 18:20
	20).- Diagramas espacio-tiempo. Ejemplos.	Ing. Oscar Medina Gámez	18:20 - 19:40

DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

PROGRAMA DEL CURSO (continuación)

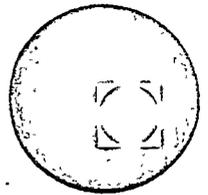
FECHA	TEMA	CONFERENCISTA	HORARIO
Miércoles 23 abril	21). - Diagramas espacio-tiempo. Proyectos	Ing. Oscar Medina Gámez	19:40 - 21:00
	22). - Programación de semáforos en redes.	Dr. Alejandro Martínez Márquez	17:00 - 18:00
	23). - Características de las redes de semáforos controlados por computadora.	Dr. Alejandro Martínez Márquez	18:00 - 19:00
	24). - Sistema COAUTRAN de México, D.F.	Ing. Leonardo Villagómez	19:00 - 20:00
	25). - Mesa Redonda y Clausura.		20:00 - 21:00
	<u>VISITAS DE PRACTICAS</u>		
Viernes 18 abril	Aula DGITT - Proyecto de Señalamiento.	Arq. Moisés Ornelas	9:00 - 11:00
Lunes 21 de abril	Recorrido viendo señalamiento y semáforos	Ing. Rodolfo Aldape C.	9:00 - 11:00
Miércoles 23 abril	DGITT - Sistema COAUTRAN.	Ing. Luis Piña Guerrero.	9:00 - 11:00

México, D.F., a 11 de marzo de 1975.





centro de educación continua
 división de estudios superiores
 facultad de ingeniería, unam



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

Contratista: ROCA S. A.

Contrato de Obras N.º - CII-4002-72

Comando en Jefe
 Unidad Militar
 Estado

T E M A : PRESUPUESTO DE OBRAS

100,000.00	100,000.00	100,000.00	100,000.00
200,000.00	200,000.00	200,000.00	200,000.00
300,000.00	300,000.00	300,000.00	300,000.00
400,000.00	400,000.00	400,000.00	400,000.00
500,000.00	500,000.00	500,000.00	500,000.00
600,000.00	600,000.00	600,000.00	600,000.00
700,000.00	700,000.00	700,000.00	700,000.00
800,000.00	800,000.00	800,000.00	800,000.00
900,000.00	900,000.00	900,000.00	900,000.00
1,000,000.00	1,000,000.00	1,000,000.00	1,000,000.00

... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...

... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...
 ... de la ...

ING. JOSÉ REYES GARCÍA.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO

PRESUPUESTO DE OBRAS

Contratista: ROCAR, S. A.

Contrato de Obras Núm.- CIT-4006-73.

1973

C o n c e p t o	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe
Charolas de lámina para señales, calibre 18, ceja perimetral, soportes calibre 14, perforaciones tipo chaveta y bordes esmerilados, con aplicaciones de primer y -- pintado, al horno, empacadas en papel - manila.				
1) Preventivas amarillas de 0.71 x 0.71 m. — 250	12 000 ✓	Pza	\$ 48.00	\$ 576,000.00
2) Restrictivas blancas de 0.76 x 0.56 m. — 2120 2120	5 000 ~	Pza	41.20	206,000.00
3) Restrictivas rojas de "Alto" de 0.71 x 0.71 m. 500	500 ~	Pza	58.00	29,000.00
4) Restrictivas blancas de "Ceda el paso" de 0.85 x 0.85 x 0.85 m. 300	300 ~	Pza	53.00	15,900.00
5) Informativas blancas de 0.40 x 1.17 m. 1000	1 000 ~	Pza	53.80	53,800.00
6) Informativas blancas de 0.40 x 1.47 m. 700	2 000 ~	Pza	67.00	134,000.00
7) Informativas blancas de 0.40 x 1.78 m. 3000	4 000 ~	Pza	82.40	329,600.00
8) Informativas blancas de 0.40 x 2.39 m. 1100E	2 000 ~	Pza	111.00	222,000.00
9) Informativas blancas de 0.56 x 1.17 m.	350 ~	Pza	75.80	26,530.00
10) Informativas blancas de 0.56 x 1.47 m.	500 ~	Pza	93.55	46,775.00
11) Informativas blancas de 0.56 x 1.78 m.	500 ~	Pza	130.00	65,000.00
12) Informativas blancas de 0.56 x 2.39 m.	345 ~	Pza	151.00	52,095.00
13) Escudos blancos de ruta 0.30 x 0.40 m. 1000	1 500 ~	Pza	61.00	91,500.00
			Total.... \$	<u>1'848,200.00</u>

1 a.o. O.P. por \$200,000.00
10/Dic/73.

COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO
JEFATURA REGIONAL No. 15

<u>CONCEPTO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>IMPORTE</u>
Pintura Blanca	1,200 L.	\$ 20,688.00
Pintura para tránsito	1,750 "	23,625.00
Charola de 0.86 X 0.86	350 Pza.	24,500.00
Charola de 0.86 X 1.17	200 "	17,000.00
Charola de 0.86 X 1.78	150 "	18,750.00
Charola de 0.86 de diámetro	285 "	19,950.00
Charola de 0.86 de diámetro	285 "	19,950.00
Postes para señales SOP	275 "	24,750.00
Postes para señales SOP	275 "	24,750.00
Madera de 2" x2" y 1" X 1"		6,037.00
		<hr/> 200,000.00

10-XII-73

R. Magallanes



Manufacturas de Hierro y Acero, S. A.

LAZARO CARDENAS 49 PUENTE DE VIGAS TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO
T E L S. 5-72-13-44 CON 3 LINEAS 5-62-03-37

"SIMBOLO DE CALIDAD"

PRESUPUESTO No. 2653
PRESUPUESTO No. 2653

SEÑORES:

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO

SU REF. AT'N. ING. VICTOR E. LOPEZ
PRECIO L. A. B. JEFATURA REGIONAL
TIEMPO DE ENTREGA: 30 DIAS
CONDICIONES DE PAGO: CONTADO

FECHA 24 NOVIEMBRE DE 19 73

REG. FED. DE CAUS. VHA-550114

CAT. IND. TRANSF. 7300

INGRESOS MERC. 101430

PATRIMONIO FAL 25082

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION	IMPORTE
1	1000	Charolas circulares con caja de 86 cm. de diam. en lamina No. 18 . Precio Unitario. = = = = =	\$ 70.00

OBSERVACIONES:

ATENTAMENTE:
ING. DANIEL VALENZUELA G.


ACEPTADO POR:


PRODUCTOS AUROLIN S.A.

PAD 341128

667-29 11 CON 4 LINEAS
DIRECC. CABLEGRAFICA: AUROLIN

CALLE RON EN: 150 No. 750, NUEVA INDUSTRIAL VALLEJO

APARTADO 15 018
ADMINISTRACION 15

MEXICO 16, D. F.

COTIZACION DE PRECIOS

No. 1083

Secretaría de Obras Públicas

México, D.F. 14 de noviembre de 1973

P r e s e n t e

Muy señor(es) nuestro(s) y amigo(s):

A continuación nos permitimos cotizar(les) a usted(es) los siguientes productos:

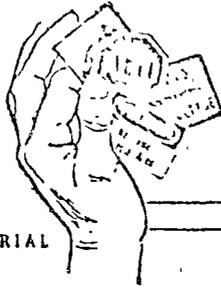
Clave	Descripción	Precio por litro en:			
		tambor 200	cubeta 19	lata 19	bote
7 0X1	Esmalte reverso gris s/aire	13.50	13.50	13.50	13.50

Estos precios son LAB en n. planta y los materiales cotizados en cubeta, lata y bote incluyen el valor del envase por lo que no aceptamos su devolución.

Los materiales cotizados en tambor incluyen envase.

PRODUCTOS AUROLIN, S.A.

Gerencia de Ventas



SEÑALES Y EQUIPOS, S.A.



DIVISION PRODUCTOS DE ACERO

CONTROLES AUTOMATICOS RELAYS, MICRO SWITCH, MOTORES DE 1 A 10 R P M

SEGURIDAD
VIAL E INDUSTRIAL
AL ALCANCE
DE SU MANO

TAPIA PTE. 1328

APDO. POSTAL 1545

TELS.: 75-55-38 Y 75-55-39

MONTERREY, N. L., MEXICO

FABRICANTES:

COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO,
DR. BARRAGÁN #779 4º PISO,
MÉXICO, 12, D. F.

SEMAFOROS

SEÑALES

BOYAS
Y
TACHUELAS

ANUNCIOS REFLEJANTES

ALUMBRADO PUBLICO

ACRILICOS REFLEJANTES

NOMENCLATURA

CONOS DE HULE
TIPO AMERICANO

DEPOSITOS DE BASURA

AT'N. SR. ING. VICTOR LOPEZ.

NOS PERMITIMOS PRESENTAR A SU ATENTA CON-
SIDERACIÓN DE ACUERDO CON LA SOLICITUD HECHA POR UD.,
LA SIGUIENTE COTIZACIÓN DE SEÑALAMIENTO.

CONCEPTO.

P. UNITARIO

SEÑAL DE 86 X 86 CMS. TIPO CHAROLA
FABRICADA EN LÁMINA NEGRA CAL. #18
CON OREJAS SOLDADAS CAL. #14, PA--
RA SUJETARSE Y SIN PINTURA.

\$70.00

NOTA:

NUESTRA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN --
ES DE 500 PIEZAS DIARIAS.

MONTERREY, N.L. NOVIEMBRE 26 DE 1973

ACEPTADO POR:

SEÑALES Y EQUIPOS, S.A.

SZZ.-

COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO
OFICINA DE DISEÑO

PRECIOS UNITARIOS PARA ANTE-PRESUPUESTO DE SEÑALAMIENTO

TIPO DE SEÑAL	DIMENSIONES EN CM.	N. DE TABLEROS	POSTE (S) EN PULGADAS	PRECIOS UNITARIOS REFLEJANTES	NO REFLEJANTE
SP	60x60	1	2x2x1/4	350.00	196.00
SP	71x71	1	2x2x1/4	434.00	217.00
SP	86x86	1	2 1/2x2 1/2x1/4	602.00	294.00
SP	117x117	1	3x3x1/4	1120.00	
SR	86x86	1	2x2x1/4	406.00	210.00
SR	86x117	1	3x3x1/4	770.00	
SR-6	60x60	1	2x2x1/4	350.00	210.00
SR-6	71x71	1	2x2x1/4	476.00	252.00
SR-7	70x70x70	1	2x2x1/4	420.00	280.00
SR-7	85x85x85	1	2x2x1/4	616.00	420.00
SI	40x178	1	2x2x1/4	665.00	354.00
SI	40x178	2	2 1/2x2 1/2x1/4	1120.00	525.00
SI	40x178	3	3x3x1/4	1624.00	602.00
SI	40x239	1	2x2x1/4	889.00	490.00
SI	40x239	2	3x3x1/4	1372.00	574.00
SI	40x239	3	4x4x1/4	2030.00	840.00
SI-19	56x117	1	2x2x1/4	826.00	545.00
SI-19	56x147	1	2x2x1/4	1036.00	686.00
SI	56x178	1	2 1/2x2 1/2x1/4	1260.00	840.00
SI	86x147	1	2 1/2x2 1/2x1/4	1540.00	1029.00
SI	90x180	1	3x3x1/4	1890.00	1260.00
SI-21	60x244	1	6"Ø Ced. 40	3780.00	
SI-21	60x305	1	6"Ø Ced. 40	4060.00	
SI-21	60x366	1	6"Ø Ced. 40	4340.00	
SI-21	60x488	2	6"Ø Ced. 40	4620.00	
SI-21	60x610	2	8"Ø Ced. 40	6720.00	
SI-21	91x366	1	8"Ø Ced. 40	6440.00	
SI-21	91x488	2	8"Ø Ced. 40	6720.00	
SI-21	91x549	1	8"Ø Ced. 40	7000.00	
SI-21	91x732	2	10"Ø Ced. 40	7700.00	
SI-21	91x976	2	10"Ø Ced. 40	8400.00	
SI-21	122x244	1	6"Ø Ced. 40	4760.00	
SI-21	122x305	1	8"Ø Ced. 40	6720.00	
SI-21	122x366	1	8"Ø Ced. 40	8680.00	
SI-21	122x488	2	8"Ø Ced. 40	9520.00	
SI-21	122x610	2	10"Ø Ced. 40	11200.00	
SI-21	122x732	2	10"Ø Ced. 40	12250.00	
SI-21	122x976	2	12"Ø Ced. 40	14000.00	6 2-8"Ø Ced. 40
SI-21	152x366	1	8"Ø Ced. 40	8050.00	
SI-21	152x488	1	10"Ø Ced. 40	9450.00	
SI-21	152x549	1	10"Ø Ced. 40	11550.00	
SI-21	152x732	2	12"Ø Ced. 40	13300.00	
SI-21	152x976	2	12"Ø Ced. 40	16800.00	
SI-21	152x1098	2	2-10"Ø Ced. 40	21000.00	
SI-23	25x89	1	2x2x1/4	280.00	
SI-17	40x147	1	2x2x1/4	560.00	280.00
SI-17	40x147	2	2 1/2x2 1/2x1/4	980.00	490.00
M-23	30x120	1	2x2x1/4	350.00	

Rayas - 1 m.l. - - - - \$ 1.50 ✓
Defensa - 1 m.l. - - - - \$ 150.00 ✓





21-01	91 X 488	1	2" X 2" X 1/4"	4,800.00
21-01	91 X 549	1	2" X 2" X 1/4"	5,000.00
21-01	91 X 610	2	2" X 2" X 1/4"	6,000.00
21-01	91 X 732	2	2" X 2" X 1/4"	7,000.00
21-21	91 X 976	2	2" X 2" X 1/4"	6,000.00
21-01	122 X 244	1	2" X 2" X 1/4"	3,400.00
21-21	122 X 305	1	2" X 2" X 1/4"	4,000.00
21-01	122 X 366	1	2" X 2" X 1/4"	5,000.00
21-21	122 X 488	1	2" X 2" X 1/4"	5,000.00
21-01	122 X 610	2	2" X 2" X 1/4"	6,000.00
21-01	122 X 732	2	2" X 2" X 1/4"	7,500.00
21-21	122 X 976	2	2" X 2" X 1/4"	10,000.00
21-01	152 X 244	1	2" X 2" X 1/4"	15,000.00
21-21	152 X 488	1	2" X 2" X 1/4"	5,750.00
21-01	152 X 610	1	2" X 2" X 1/4"	6,750.00
21-01	152 X 732	1	2" X 2" X 1/4"	8,250.00
21-01	152 X 976	2	2" X 2" X 1/4"	9,500.00
21-01	152 X 1098	2	2" X 2" X 1/4"	10,000.00
21-01	25 X 86	1	2-10" X 1/4" X 1/4"	15,000.00
21-01	40 X 147	1	2X2X1/4"	200.00
21-01	40 X 178	1	2X2X1/4"	500.00
M-23	40 X 178	1	21/2X21/2X1/4"	200.00
51-20	40 X 178	1	2" X 2" X 1/4"	250.00
51-20	40 X 178	1	2" X 2" X 1/4"	500.00
51-20	40 X 178	1	2" X 2" X 1/4"	900.00
51-20	40 X 178	1	2" X 2" X 1/4"	900.00
51-42	56 X 239	1	3" X 1" X 1/4"	1,200.00
				1,000.00

62-8" Ø Ced. :

3,000.00
500.00

7,000.00



DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO DISPOSITIVOS PARA
EL CONTROL DEL TRANSITO

ING. LUIS PIÑA GUERRERO
SUB-JEFE DE LA SECCION DE
SEMAFOROS
PUENTE DE ALVARADO 84-3er. PISO
MEXICO, D.F.

ING. LEONARDO VILLAGOMEZ
OFICINA DE COMPUTADORAS
PUENTE DE ALVARADO 84-2o. PISO
MEXICO, D.F.

ING. JOSE REYES GARCIA
AUXILIAR COORDINADOR DEL
VOCAL EJECUTIVO
COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO
S. O. P.
DR. BARRAGAN 779-4° PISO

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO DISPOSITIVOS PARA
EL CONTROL DEL TRANSITO

SR. ING. RODOLFO ALDAPE C.
JEFE DE LA OFICINA DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRANSITO
PUENTE DE ALVARADO 84-2o. PISO
MEXICO, D.F.

ING. ERNESTO FLORES URIEGAS
SUBJEFE DE LA OFICINA DE PROYECTOS
PUENTE DE ALVARADO 84-3er. PISO
MEXICO, D.F.

DR. ALEJANDRO MARTINEZ MARQUEZ
ASESOR TECNICO DE LA DIRECCION
PUENTE DE ALVARADO 84-2o. PISO
MEXICO, D.F.

ING. OSCAR MEDINA GAMEZ
JEFE DE LA SECCION DE SEMAFOROS
PUENTE DE ALVARADO 84-2o. PISO
MEXICO, D.F.

ING. CRISTINO MONTOYA
OFICINA DE PROYECTOS
PUENTE DE ALVARADO 84-3er. PISO
MEXICO, D.F.

ARQ. MOISES ORNELAS
OFICINA DE PROYECTOS
PUENTE DE ALVARADO 84-3er. PISO
MEXICO, D.F.

DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

I N D I C E

- I Introducción. Objetivos. Clasificación de Dispositivos. Condiciones necesarias para su aplicación.
- II Manual de Dispositivos de México. Normas de otros países.
- III Señalamiento Vertical. Uso de señales preventivas, restrictivas e informativas. Forma, color, tamaño, iluminación y ubicación.
- IV Trazo, formación de palabras y textos
- V Señalamiento vertical. Materiales empleados, especificaciones y normas de proyecto.
- VI Ejemplos de señalamiento vertical
- VII Señalamiento horizontal. Marcas en el pavimento, isletas y obras diversas. Elementos generales de proyecto

DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

Definición.- Dispositivos para el control del tránsito, son los símbolos, señales, marcas u objetos colocados en una calle, carretera o lugares adyacentes, por autoridades competentes con jurisdicción en el lugar, para regular, prevenir o dirigir el tránsito de vehículos. Para el caso de las carreteras, esta función corresponde en nuestro país, a la Secretaría de Obras Públicas, y en las zonas urbanas, a las diferentes Direcciones de Tránsito.

Antes de continuar con nuestro tema, quiero comentar a ustedes algunas notas históricas relacionadas con reglamentaciones al tránsito.

Aunque la aparición del vehículo data de apenas unos 85 años, se dice que desde 396 años A.C., en Roma se dictó una ley que autorizaba a las "mujeres casadas" a conducir carrozas de la época.

En el año 50 A.C., el Imperio Romano, prohíbe estacionamiento en el centro de Roma a ciertas horas del día y a algunas calles se les marca un solo sentido.

En 1855 aquí en México Dn. Antonio López de Santa Ana, expide un decreto - donde indica que en los caminos se deberían colocar postes indicadores de longitudes (en leguas) de los mismos.

En 1924 en E.E.U.U. se realiza la primer Conferencia Nacional sobre la Seguridad en el Tránsito.

En nuestro país es hasta 1930 y 1938 cuando se publica el primero y segundo Manual de Señales de Tránsito.

En 1949, la Conferencia de Transporte Vial de las Naciones Unidas, aprueba en Ginebra un Protocolo para señales de Tránsito, que posteriormente aceptan la mayor parte de los países de Europa; señales que consisten principalmente en base a símbolos.

Durante el año 1957, la entonces Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, publica en la parte sexta de sus especificaciones generales de construcción, un manual de señalamiento de caminos, elaborado en base a las normas de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de carreteras en los Estados Unidos (AASHO). Pero nuestro señalamiento en carreteras y ciudades es muy heterogéneo, por lo que, con intervención de varias Dependencias Gubernamentales y organismos conexos, se forma una Comisión que se avoca al estudio de un manual único, que considera las proposiciones hechas por la Organización de las Naciones Unidas en 1952, el Manual Norteamericano y documentos emanados de los Congresos Panamericanos de Carreteras; manual que a partir del año 1965, norma el empleo de los dispositivos para señalamiento en calles y caminos en todo el país.

En 1966 se publica el mismo manual, revisado, corregido y aumentado.

En 1970, la Secretaría de Obras Públicas publica la última edición del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras; elaborado con la participación de: Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Departamento del Distrito Federal; Departamento de Turismo; Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos y la Asociación Mexicana de Directores de Tránsito, A.C., este manual es el que nos reglamenta hasta la fecha.

En 1973 se consideró necesario revisar nuevamente este manual, y la Secretaría de Obras Públicas, a través de su Comisión de Ingeniería de Tránsito, invitó a otras Dependencias y organismos conexos a formar parte del Comité Mixto para llevar a cabo esta revisión; que quedo formado como lo muestra el siguiente esquema.

COMITE MIXTO ENCARGADO DE LA
REVISION DEL MANUAL

COORDINACION:

Comisión de Ingeniería de Tránsito

DEPENDENCIAS S. O. P.

Comisión del Desarrollo
Urbano del País

Dirección General de
Carreteras Federales

Dirección General de
Carreteras en Cooperación

Dirección General de
Control

Dirección General de Conservación

Dirección General de Ingeniería
de Sistemas

Dirección General de Programación

Dirección General de Servicios
Técnicos

Dirección General de Maquinaria
y Transportes.

OTRAS DEPENDENCIAS

Asociación Mexicana de Directores
Tránsito A. C.

Asociación Mexicana de Ingeniería
Tránsito A. C.

Caminos y Puentes Federales de Ingre-
sos y Servicios Conexos

Departamento de Turismo

Dirección General de Ingeniería de
Tránsito y Transportes, D. D. F.

Secretaría de Comunicaciones y Trans-
portes.

El tránsito de vehículos y circulación de peatones debe regularse, con el fin de prevenir conflictos; para ésto es necesario: 1.- Dictar reglas generales de circulación, darlas a conocer y hacerlas respetar. 2.- Establecer restricciones específicas para el tránsito en las vías, e indicarlás a los conductores y peatones, por medio de dispositivos especiales (señales, marcas, semáforos, etc.) por agentes policiacos o ambos.

La seguridad de una calle o carretera, y su capacidad para que transiten por ella un número adecuado de vehículos, con un número de retrasos e inconvenientes, depende en gran parte, de una ordenada fluidez del tránsito.

La mayor parte de los usuarios, conducirán en forma ordenada y segura, siempre y cuando se les proporcionen reglamentaciones funcionales y confiables, - así como una información que los motive adecuadamente.

Es importante hacer notar que el público no puede reaccionar favorablemente, a disposiciones que no sean funcionales, es decir, que el diseño, uso, e - interpretación de los dispositivos para el control del tránsito, deben merecer importante atención por parte de las autoridades correspondientes, quienes - además tendrán que procurar no desperdiciar los fondos públicos, ni que el usuario haga poco o ningún caso de estos dispositivos.

El empleo de los dispositivos para el control del tránsito, debe estar basado en principios bien fundamentados de la Ingeniería de Tránsito, esto es: en número de vehículos, velocidades, estadísticas de accidentes o la información que de ellos se tengan, condiciones físicas de la vía, reacciones del público, etc.

La función de los dispositivos para el control del tránsito, es proporcionar al usuario de calles y carreteras, la información que se requiera, para tomar una cierta acción o decisión a lo largo de un recorrido; auxiliando en algunos casos, a que el usuario reaccione favorablemente en algunas modificaciones o - cambios de la condiciones del camino.

Sabemos que los elementos que constituyen el tránsito, son: el conductor, el peatón, el vehículo y la vía; Los reglamentos de tránsito rigen a los tres prime - ros, mientras que el último se limita a las características o especificaciones

Al conductor se le reglamenta mediante los requisitos para la expedición de la licencia correspondiente; con base a diferentes exámenes y pruebas; limitaciones por la edad (14 a 18 años mínimos), conocimientos de las reglas del tránsito y dispositivos para su control y pericia en el manejo. Es importante hacer notar la conveniencia de retirar de la circulación, temporal o definitivamente, aquellos conductores con "actitudes negativas", - contraviniendo frecuentemente el reglamento de tránsito, o que cometan - grave infracción conduciendo en estado de ebriedad o bajo el influjo de - las drogas, ahora tan "de moda".

Al peatón se le controla en menor grado, y como reglas de seguridad para él podríamos citar las siguientes como mas importantes:

- 1.- Cruzar las calles solamente en las esquinas
- 2.- No salir repentinamente entre dos vehículos estacionados
- 3.- No rodear un autobus, esperar a que haya pasado
- 4.- Esperar en las esquinas desde la banqueta, la señal de paso, o esperar que no venga vehículo cerca.
- 5.- Familiarizarse con la posición y significado de los semáforos
- 6.- No atravesar en diagonal, mejor cruzar dos veces en ángulo de 90°
- 7.- Caminar, no correr para no tropezar; sin ser lento ni distraerse
- 8.- No salirse de las zonas de peatones
- 9.- No suponer que tenga "derecho de paso"
- 10.- Considerar que en pavimentos mojados, los vehículos no siempre se detienen a tiempo

11.- En carreteras o cuando no haya banquetas, circular del lado izquierdo, dando la cara al tránsito

Los vehículos que en número importante transitan las calles y carreteras, se clasifican en: vehículos ligeros; vehículos pesados y vehículos especiales. Los efectos principales de éstos en la circulación, dependen de sus condiciones de servicio, tipo de aceleración que desarrollen, tipo de transmisión (manual o automáticas), visibilidad que permiten, etc., etc; para que tengan ustedes una idea del problema que significa el vehículo, se les está repartiendo un cuadro que registra los diferentes tipos de vehículos mas usuales en la ciudad de México y demás entidades, con el número de ellos.

Las vías de circulación deberán tener las características necesarias de acuerdo con sus necesidades, y cuando ya no son suficientes, se procede a la construcción de nuevas vías o ampliación de las mismas, según sea el caso, siempre considerando la proyección del volumen del tránsito al período de tiempo conveniente. No abundaremos mas al respecto para no salirnos del tema.

Por considerarlo de mucha importancia, antes de pasar a clasificar los diferentes dispositivos para el control del tránsito, quiero tratar aunque en forma no muy extensa, lo referente a las "Visión del conductor".

La visión es el sentido mas importante del hombre, y el conocimiento de las características generales de la visión humana, es importante en problemas operacionales.

Para manejar un vehículo es importante la influencia de la agudeza visual, la

VEHICULOS DE MOTOR EN CIRCULACION EN EL AÑO DE 1973 1/

Resumen General

Entidad	Total	Automóviles				Camiones de pasajeros				Camiones de carga				Motocicletas			
		Suma	Oficiales	De alquiler	Particulares	Suma	Oficiales	De alquiler	Particulares	Suma	Oficiales	De alquiler	Particulares	Suma	Oficiales	De alquiler	Particulares
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS																	
Aguascalientes ..	24 915	13 962	373	311	13 278	266	7	230	29	8 125	29	326	7 770	2 562	19	—	2 513
Baja California ..	145 672	101 018	669	1 236	99 113	1 012	—	822	190	42 125	431	1 194	40 500	1 517	—	—	1 517
Baja California, T.	19 775	9 995	171	324	9 500	30	—	16	14	9 290	160	630	8 500	460	5	—	455
Campeche	8 344	3 504	53	247	3 204	138	—	107	31	2 600	11	164	2 425	2 102	—	—	2 102
Coahuila 2/	74 231	43 935	255	1 872	41 808	760	2	576	182	23 287	36	1 636	21 615	6 249	27	—	6 222
Colima	10 994	5 495	—	272	5 223	130	—	126	4	4 242	—	306	3 936	1 127	—	—	1 127
Chiapas	23 611	11 837	30	861	10 946	484	6	403	75	9 977	27	1 140	8 810	1 313	4	—	1 309
Chihuahua 2/ ...	129 419	74 040	392	2 050	71 598	3 078	11	1 087	1 980	45 856	100	1 951	43 805	6 445	62	—	6 383
Distrito Federal ..	956 903	790 536	10 552	25 645	754 389	10 332	—	6 475	3 857	93 961	12 447	4 051	77 463	62 024	—	—	62 024
Durango	26 287	10 990	9	6 917	4 064	476	1	350	125	12 382	4	1 704	10 674	2 439	1	2	2 436
Guanajuato	65 553	32 768	58	1 187	31 523	1 219	3	1 080	136	25 551	31	590	24 930	6 015	7	—	6 008
Guerrero	27 791	15 386	224	937	14 225	921	16	783	122	7 559	216	483	6 860	3 925	34	—	3 891
Hidalgo	31 819	13 668	331	558	12 779	670	9	561	100	16 048	365	147	15 536	1 433	22	8	1 403
Jalisco	168 826	107 358	217	4 110	103 031	2 822	7	2 434	381	41 470	179	629	40 662	17 176	2	9	17 165
México	103 823	78 418	—	623	77 795	2 450	—	1 479	971	16 585	—	53	16 532	6 370	—	—	6 370
Michoacán	53 762	26 615	30	1 079	25 506	859	2	795	62	21 501	18	873	20 610	4 787	10	10	4 767
Morelos	32 653	19 916	85	652	19 179	658	—	624	34	8 105	42	346	7 717	3 974	3	—	3 971
Nayarit	16 946	6 263	56	437	5 770	211	—	197	14	8 032	—	721	7 311	2 440	—	—	2 440
Nuevo León 2/ ..	126 847	89 290	58	10 829	78 403	1 187	—	1 050	137	28 087	41	303	27 743	8 283	14	—	8 269
Oaxaca	21 892	9 802	119	687	8 996	434	—	410	24	9 436	93	492	8 851	2 220	5	—	2 215
Puebla	66 943	43 607	—	1 757	41 850	1 084	—	944	140	19 422	—	640	18 782	2 830	—	—	2 830
Querétaro	20 119	9 985	116	419	9 450	303	4	268	31	7 881	102	279	7 500	1 950	5	30	1 915
Quintana Roo ...	4 875	2 067	40	173	1 854	8	—	6	2	1 639	40	135	1 464	1 161	—	64	1 097
San Luis Potosí .	34 060	17 600	100	416	17 084	679	2	617	60	12 163	6	391	11 766	3 618	—	—	3 618
Sinaloa	62 556	24 154	—	1 127	23 027	1 355	—	1 172	183	30 261	—	1 218	29 043	6 786	—	—	6 786
Sonora 2/	95 138	53 444	609	1 828	51 037	821	29	675	117	36 046	752	2 064	33 230	4 827	69	8	4 753
Tabasco	13 203	6 890	58	357	6 475	378	10	344	24	4 168	71	682	3 415	1 767	1	—	1 766
Tamaulipas 2/ ...	115 255	67 288	45	2 080	65 163	761	3	617	141	44 758	—	597	44 161	2 448	11	—	2 437
Tlaxcala	14 031	7 556	—	672	6 884	594	29	557	8	5 474	18	64	5 392	407	8	—	399
Veraacruz	91 716	46 544	6	2 671	43 867	1 840	—	1 592	248	35 507	—	1 133	34 374	7 825	3	—	7 822
Yucatán	34 779	18 319	139	838	17 342	640	30	517	93	7 195	31	1 265	5 899	8 625	41	27	8 557
Zacatecas	11 904	4 204	100	391	3 713	443	1	435	7	6 590	65	340	6 185	667	—	—	667

1/ Vehículos registrados al 31 de diciembre de 1973.
 2/ Incluye los vehículos fronterizos y los importados al 10%.

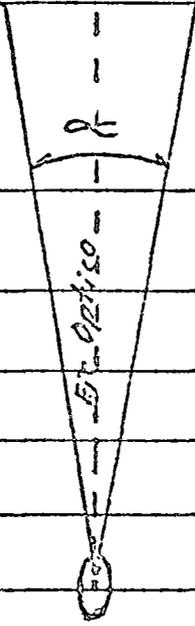
FUENTE: Dirección General de Estadística, SIC.

visión periférica, la recuperación al deslumbramiento, la percepción de colores y la profundidad de percepción, o sea, que el conductor debe ser capaz de identificar objetos al ver hacia adelante, de detectar el movimiento a sus lados, de ver el camino en las noches con escasas de luz y bajo condiciones de deslumbramiento, y, finalmente, distinguir colores de señales y semáforos a distancias relativas de diferentes objetos.

La agudez visual es uno de los datos mas importantes a cerca del ojo. -

La máxima agudeza tiene lugar en un momento dado, en una pequeña posición del campo visual, limitada por un cono cuyo ángulo es de 3° pero es bastante sensible dentro de un cono visual de 5 a 6 grados, y regularmente clara hasta 10°. En la gráfica siguiente, se muestra un porcentaje de conductores, que pudieron leer correctamente letreros colocados dentro de diferentes ángulos de visión.

En el plano vertical el ángulo de visión aguda es del orden de 1/2 a 2/3 del plano horizontal. Por lo anterior conviene hacer notar que las señales de tránsito sean diseñadas y colocadas de tal manera, que queden dentro del cono de visión de 10°.

Letreros colocados dentro del cono de visión con ángulo horizontal de:	Porcentaje de respuestas correctas	
5.8°	98	
7.6°	95	
9.6°	90	
11.4°	84	
13.4°	74	
15.4°	66	

La visión periférica según muestran estudios de conductores, usualmente varía entre 120° y 140°, pero debido a la concentración visual, el rango de visión periférica efectiva, se contrae al incrementarse la velocidad, desde un ángulo central de 100° a 30 km/h., hasta un ángulo de 40° a 100 km/h. Si bien es cierto que para muchas situaciones del tránsito se confía en la visión periférica, un buen proyecto y regulación adecuada, no debe apoyarse en la visión periférica, sino al cono de agudeza visual.

El objetivo principal de los dispositivos para el control del tránsito, es prevenir un accidente y su finalidad es dar al usuario un "aviso anticipado" - -

y cumplir con la regla de tránsito que dice "que no deben existir cambios bruscos".

LOS DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO SE CLASIFICAN EN:

I.- SEÑALES:.- Son los dispositivos mas comunes para regular y dirigir el tránsito en calles y caminos; tienen por objeto prevenir al conductor de un vehículo, sobre la existencia de un peligro, su naturaleza, existencia de restricciones o prohibiciones, que limiten sus movimientos sobre la calle o camino, proporcionándole información necesaria para facilitar su viaje.

II.- SEMAFOROS.- Son dispositivos generalmente electromecánicos, para controlar el tránsito de vehículos y peatones, haciéndolo mas seguro. Otorga el derecho a hacer ciertos movimientos, ejerciendo una profunda influencia en las corrientes vehiculares.

III.- MÀRCAS, ISLETAS Y OBRAS DIVERSAS.- IIIa.- Marcas.- Son rayas, símbolos o letras que se pintan o colocan sobre pavimentos, estructuras, guarniciones u objetos dentro o adyacentes a las vías de circulación, para indicar riesgos, regular o canalizar el tránsito, o complementar las indicaciones de otras señales.

IIIb.- Isletas.- Son superficies limitadas, situadas en las intersecciones de vías de circulación o en las inmediaciones de las mismas, que sirven para hacer mas seguro y expedito el tránsito de vehículos o para refugio de peatones.

IIIc.- Obras Diversas.- Son obras que se construyen, colocan o dejan dentro de una obra vial o en sus inmediaciones, para proteger a los vehículos y peatones y/o dar mayor fluidez al tránsito.

IV.-DISPOSITIVOS PARA PROTECCIÓN EN OBRAS.- Son señales u otras obras que se usan para controlar y guiar el tránsito, a través de calles y caminos en construcción, reconstrucción o en trabajos de conservación; siempre tienen carácter transitorio.

Las condiciones que requieren para su aplicación, cada uno de los dispositivos antes mencionados, son las siguientes:

- 1.- Satisfacer una necesidad importante
- 2.- Llamar la atención
- 3.- Transmitir un mensaje claro y sencillo
- 4.- Imponer respeto a los usuarios
- 5.- Estar en lugar apropiado, a fin de dar tiempo para reaccionar

1.- Satisfacer una necesidad importante.- Esto se logra mediante la colocación adecuada de los dispositivos para el control del tránsito; en los lugares donde sean realmente necesarios y justificables.

2.- Llamar la atención.- Los dispositivos llaman o no la atención, en razón directa de su tamaño, contraste, color, forma, composición, iluminación o reflectorización, cuando se requiera.

3.- Transmitir un mensaje claro y sencillo.- Esto se logra si se tiene simplicidad en el texto o en el símbolo, legibilidad, forma, tamaño y color.

4.- Imponer respeto a los usuarios.- Imponer respeto, depende de la uniformidad, tamaño, legibilidad y brillantez; el dispositivo debe estar limpio, legible y libre de obstrucciones; ésto implica que se requiere un buen mantenimiento.

Conviene hacer notar que es necesario que los usuarios conozcan el significado de los dispositivos, lo que se logra mediante campañas adecuadas de educación vial; así también es conveniente que las autoridades correspondientes se encarguen de hacer cumplir y respetar los dispositivos a los usuarios, afin de crear normas de conducta.

Debe tenerse cuidado de no usar un número excesivo de señales, limitándose siempre a las estrictamente necesarias.

5.- Estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo a reaccionar.- Esto dependen de las normas de diseño de la colocación, y del tipo de dispositivos de que se trate. Su ubicación debe ser dentro del cono visual del conductor, para provocar su atención y facilitar su lectura e interpretación de acuerdo con la velocidad de operación. La ubicación de los dispositivos, debe proyectarse de acuerdo con el proyecto geométrico de la vía.

Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras en México. - Como ya antes se anotó, el señalamiento en carreteras y - ciudades en todo el país era bastante heterogeneo; en la parte sexta de las especificaciones generales y Obras Públicas (S.CO.P.), en el año de 1957, ya se consideraba un manual de señalamiento para caminos, con base a las normas de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras de los EE.UU. (AASHO); por la inquietud nacional para mejorar y uniformizar el señalamiento vial en el país, entre representantes de la Secretaría de Obras Públicas y otras Dependencias Gubernamentales y organismos co nexos, se formó una Comisión que se avocara al estudio de un Manual úni co, que tubiera aceptación en todo el país. El resultado fué que, con base a las proposiciones hechas en la Organización de las Naciones Unidas - - (O.N.U.) en 1952, así como, con base también en el Manual Americano y documentos emanados de diferentes Congresos Panamericanos de Carreteras, se elaboró el primer Manual para normarnos en plan nacional a partir de - 1965, sobre dispositivos en calles y caminos.

En 1966 este manual fue revisado, corregido y aumentado, publicándose nue vamente.

Hubo posteriormente dos ediciones mas en los años 1970 y 1972.

Actualmente está en impresión el mismo manual, con algunas nuevas consi deraciones y se espera tenerlo a disposición, en dos o tres meses mas.

Este manual consta de cinco capítulos:

I.- Señales

II.- Semáforos

III.- Marcas, Isletas y Obras Diversas

IV.- Dispositivos para protección en obras

V.- Letras y números para señales de tránsito

E incluye un apéndice que contiene la definición de los términos importantes usados.

Innovaciones al Manual.- Como las señales preventivas y restrictivas son en su mayoría a base de símbolos, se llevó a cabo una encuesta (del tamaño de 1 500 entrevistados) entre personas que conducen vehículos, a fin de que identificaran las señales que se les presentaban en un juego ilustrativo de señales, donde previamente se había quitado el significado de cada una, con ésto se determinó cuales señales no se entendían, para procurar hacerlas mas entendibles con cambio de símbolo o mejorando el existente.

En señales preventivas se propone:

En la SP-25 (altura libre) se aumente la altura permisible a 4.50 mts. en virtud de que los gálibos de los pasos a desnivel ya se proyectan de mayor altura.

En la SP-27 (superficie irregular), que se utiliza para indicar la proximidad de una irregularidad en la superficie de rodamiento, se coloquen tres protuberancias en lugar de dos.

En la SP-30 (zona de derrumbæ), se suprime el vehículo, dejando tan solo el derrumbe, pues el vehículo no se aprecia, se ve tan solo una mancha. La SP-39 (termina camino dividido) se propone eliminarla por no considerarla operante, ya que la SP-18 (doble circulación) anula su función.

En las señales restrictivas se propone:

En la SR-8, complementarla con señalamiento informativo anticipado, por considerarse que esta señal no es clara y no puede cambiarse por ser una señal instituída por el Manual Interamericano y por normas internacionales.

En la SR-9 (velocidad restringida), adicionar otra señal (como variante), la señal de máxima, destellando; en virtud de que esta señal se colocará en los semaforos de zonas escolares.

En la SR-15 (altura libre restringida) se le cambie de 4.20 mts. a 4.50 mts. por la misma razon que se indicó en la señal SP-25.

Se incluya una nueva señal SR-25 (con esto se recorrería la numeración de las señales siguientes, que marca el Manual) relativa a la prohibición de entrada de camiones a ciertas vías en determinadas horas del día, cuando por razones de capacidad de la vía, así lo requiera.

Se incluya también la señal SR-38, de NIEBLA, en virtud del gran número de accidentes que por este concepto, se presentan. Esta señal consta de un cajón de lámina, cuyo frente es un difusor de acrílico, que lleve en su interior focos distribuidos, los cuales deberán ser encendidos en forma intermitente, debiendo ser encendidos solo en los casos cuando se presenta la niebla.

En las señales informativas se propone:

En la SI-25, considerar la señal que sustituirá a la de los postes de kilometraje hechos de concreto, que cada 5kms, se colocarán alternadas a ambos lados del camino, los números pares a la izquierda y los números no-nes a la derecha, éstas son placas de lámina sobre postes con dimensiones como se marca en el anexo.

Para señales de servicio, se considera posible, que en una sola placa de dimensiones apropiadas, se coloquen dos señales, siempre y cuando se justifique esta operación.

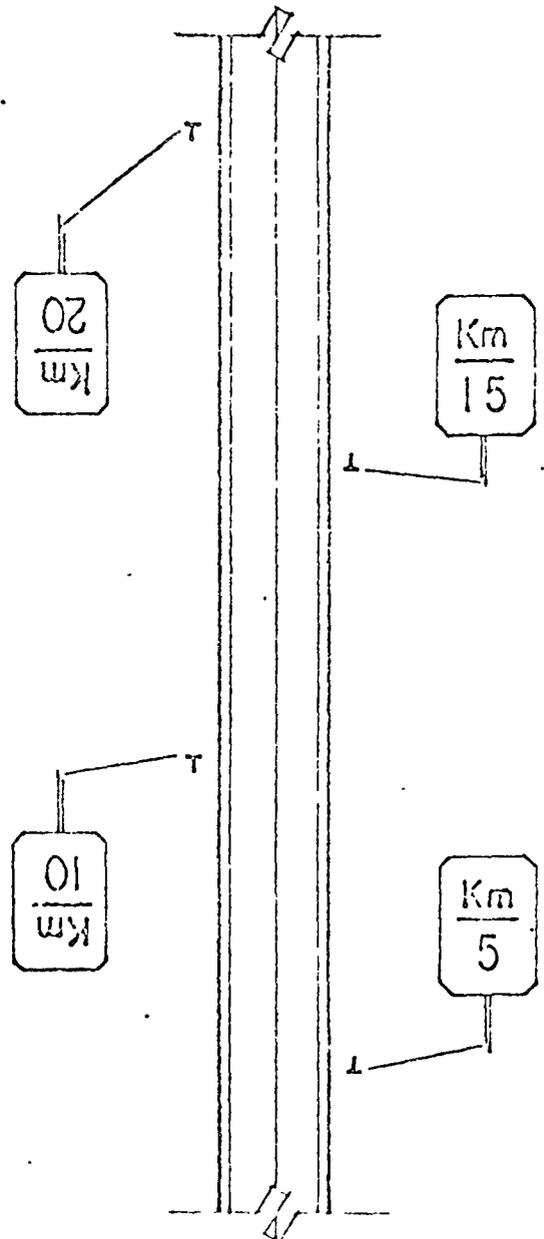
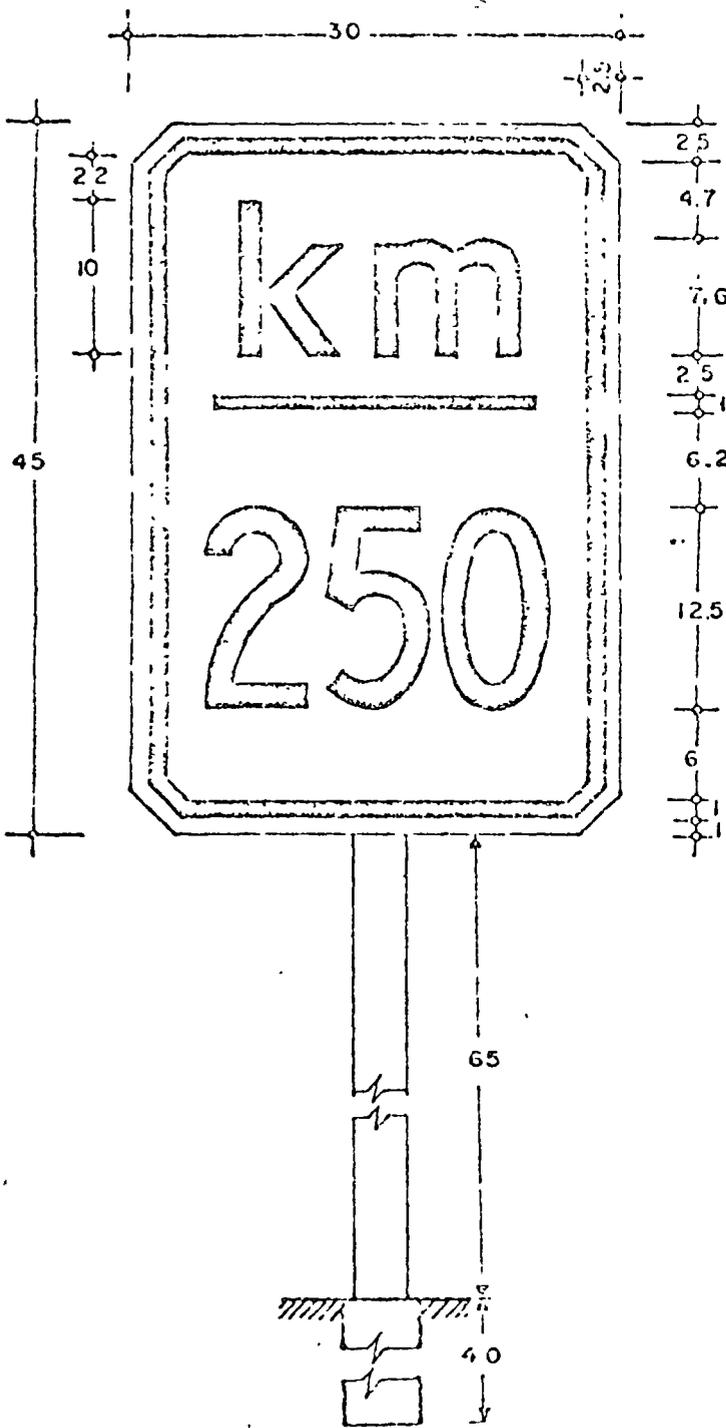
También se estima conveniente la consideración de nuevas señales de servicio tales como:

- a).- Playa o Balneario
- b).- Parque Nacional
- c).- Mirador
- d).- Area de descanso

Está en estudio una nueva señal para carreteras, y será la que informe "zona de reforestación".

Por razones obvias de mencionar, en nuestro país hemos aprovechado más las experiencias derivadas de investigaciones extranjeras, pero hemos - llevado a cabo, estudios que nos han permitido ajustar nuestras soluciones cada vez mas a nuestros requerimientos y acordes con nuestras condiciones económicas.

Es muy importante hacer conciencia de que los visitantes de otros países,



COLOCACION DE LA SEÑAL
EN LA CARRETERA
Los números pares a la izquierda
Los números nones a la derecha

ESPECIFICACIONES DE LA SEÑAL:

Lámina #16 sin ceja, fondo blanco, reflejante a base de microesfera, letra y números en negro mate, tipo de letras y números serie 4

POSTE DE SOSTEN:

Fierro ángulo de 5X5X0.63 cm' 2" X 2" X 1/4"
perforado de 1.50 m de largo.
Las dimensiones se dan en cm



COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO
JEFATURAS REGIONALES

**SEÑAL INDICATIVA DE
KILOMETRAJE**

EL JEFE DE LA OFICINA	EL COORDINADOR	EL VOCAL EJECUTIVO
	LOPEZ G.	BALAZA A. ULLAR

MEXICO, D.F. AGOSTO DE 1973

al recorrer el nuestro, y nuestras ciudades, conozcan y estén familiarizados con el señalamiento vial nacional.

Durante los años sesentas, se establecieron las normas para un sistema, uniforme de señales en nuestro país, resumiendo las experiencias nacionales y adaptando recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas, que utiliza lo mejor de los sistemas conocidos como "americano" y "europeo", incorporando los últimos adelantos técnicos en la materia.

Desde los primeros Congresos Panamericanos de Carreteras, de los que México forma parte, se ha insistido en la necesidad de utilizar dispositivos uniformes para el control del tránsito, por parte de los países del Continente Americano.

Este anhelo fué concretado por la Comisión Técnica de Tránsito y Seguridad, al preparar el Manual Interamericano de Dispositivos para el Control de Tránsito, y aprobado en principio en el X Congreso Panamericano de Carreteras, celebrado en Montevideo, Uruguay, en el año de 1967.

Este documento fué ratificado en el XI Congreso celebrado en la ciudad de Quito, Ecuador, en el año de 1972.

El anhelo de establecer sistemas uniformes es mundial, en virtud de los viajes internacionales; este es el motivo de la preocupación de la Organización de las Naciones Unidas.

En los EE.UU. los miembros del Comité Nacional sobre Dispositivos Uni

formas para el Control de Tránsito ha cambiado considerablemente en el transcurso de los años. El Instituto de Ingeniería de Tránsito participó en el año de 1942 y la Comisión Nacional sobre Leyes y Ordenamiento Uniformes de Tránsito, sustituyó a la Conferencia Nacional sobre - seguridad en Calles y Caminos, en 1948. En 1960 el Comité fué reorganizado para incluir a varios miembros como la Asociación Nacional de Autoridades Condales (NACO) y la Asociación Municipal Americana (AMA) La Asociación Americana de Autoridades Estatales de Caminos. El Instituto de Ingenieros de Tránsito. La Comisión Nacional sobre Leyes y Ordenamientos Uniformes de Tránsito; Este Comité formado por representantes de todos ellos, se encargan de elaborar todas las modificaciones y preparar el nuevo material para el Manual que en parte muy importante sirvió como guía aprovechando sus experiencias, para la elaboración de nuestro "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras" que a la fecha está vigente en nuestro país.

Como iremos explicando a continuación, podemos comprobar con las transparencias que estamos proyectando, los cambios importantes del señalamiento, que han permitido lograr que a la fecha no se presenten problemas de interpretación con los señalamientos en otros países de America y Europa.

Señalamiento vertical.- El señalamiento vertical para calle y caminos, está constituido por señales formadas por tableros fijos en postes o estructuras, con símbolos, leyendas o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros, naturaleza de éstos, la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre la vía y proporcionar información para facilitar su viaje.

Este señalamiento puede aplicarse al lado de la vía o en todo el ancho de la calzada, pero limitándose a uno o demás carriles por separado, carriles que son marcados longitudinalmente sobre la calzada.

El señalamiento vertical, en cuanto a su función, se clasifica en:

- A.- Señales Preventivas
- B.- Señales Restrictivas
- C.- Señales Informativas

Al.- Las señales preventivas tienen por objeto advertir al usuario la existencia y naturaleza de un peligro en la vía.

El uso de estas señales, corresponde a los casos siguientes:

- 1.- Cambios de alineamiento horizontal
- 2.- Intersecciones de caminos o calles
- 3.- Reducción o aumento en el número de carriles
- 4.- Cambios en el ancho del pavimento
- 5.- Pendientes peligrosas (alineamiento vertical)
- 6.- Condiciones deficientes en la superficie de rodamiento

- 7.- Escuelas y cruces de peatones
- 8.- Cruces a nivel con vías de ferrocarril
- 9.- Accesos a vías rápidas
- 10.- Posibilidad de encontrar ganado en el camino
- 11.- Proximidad a un semáforo
- 12.- Cualquier otra circunstancia que pueda representar un peligro en la vía

AII.- La forma de las señales preventivas, son de tableros cuadrados que se colocan con una de sus diagonales en posición vertical. Se fijan en postes colocados a un lado del camino o sobre la banqueta; estos soportes deben llenar requisitos de resistencia, durabilidad y presentación.

AIII.- El tamaño de las señales preventivas, sea que lleven ceja perimetral doblada o que sean placas planas sin ceja, deben tener las siguientes dimensiones en centímetros:

DIMENSIONES (cms.)	USO
60X60 (sin ceja)	Caminos estatales o Urbanas
71X71 (con ceja)	Camino Federales o vías rápidas
86X86 (con ceja)	Caminos de alta velocidad o Autopistas
117X117 (con ceja)	Caminos de alta velocidad o Autopista

AIV.- Los colores en las señales preventivas, deben ser en acabado mate, como sigue: Amarillo, según el patrón del Manual S.O.P. para el fondo y negro para símbolos, caracteres y filete.

En caminos de tipo especial, en vías de acceso controlado y en protección de obras, el fondo de la señal deberá ser siempre reflejante; en caminos secundarios o zonas urbanas, esto es opcional. El color del material reflejante debe aproximarse lo mas posible al color "amarillo tránsito" antes mencionado.

AV.- La ubicación longitudinal de las señales preventivas. deberá ser antes del riesgo de que se trate señalar, a una distancia mínima igual a la "distancia de visibilidad de parada" (d), correspondiente a la velocidad de proyecto en el tramo del camino de que se trate:

Estas distancias se marcan en la tabla siguiente:

Velocidad de proyecto km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia (d) en mts.	25	40	55	75	90	115	135	155	175

En zonas urbanas cuando los datos de la tabla no puedan aplicarse, la ubicación de las señales estará sujeta al espacio disponible.

Cuando en zona rural se requiera otro tipo de señal, entre la preventiva y el riesgo, aquella deberá colocarse a la distancia necesaria de acuerdo a su caracter y la señal preventiva se colocará a una distancia "s"

de la anterior, que corresponda al espacio recorrido en tres segundos a la velocidad de proyecto del tramo de que se trate.

Si hubiera necesidad de que conviniera colocar dos o hasta tres señales preventivas consecutivas, la separación mínima entre ellas será - la misma distancia "s".

Estas distancias se marcan en la tabla siguiente:

Velocidad de proyecto km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia mínima "s" en mts.	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Distancia recomendable "s" en mts.	30	40	50	60	70	80	90	100	110

Deberá tenerse cuidado de que las señales intercaladas sean congruentes con el riesgo que pretenda indicar la señal preventiva, para que ésta no pierda su efectividad. En caso de que no exista la congruencia, o el espacio necesario entre las señales que se pretende instalar no sea suficiente, debe verse cual señal se elimina o cambiar de ubicación y en este último caso debe observarse que la efectividad del mensaje se mantenga.

Cuando se juzgue conveniente llamar la atención en forma especial sobre algún peligro, deberá usarse una secuencia de señales informativas y -

preventivas, que indiquen la distancia al peligro, reduciendo las distancias entre ellas conforme se avecine el peligro, correspondiendo la distancia "s", indicada a la última señal preventiva.

Las señales preventivas con letrero, solo deberán usarse en los casos en que se necesite advertir al conductor, la presencia de un cierto tramo de camino (sinuoso, resbaloso, con pendientes peligrosas, zona de derrumbes, peatones, ganado, maquinaria agrícola o grava suelta), indicándose en el letrero, la distancia al tramo en que se presentará el peligro, mostrado con la señal preventiva correspondiente.

La ubicación lateral de las señales preventivas debe ser tal, que la orilla - del camino (acotamiento) y el vértice interior de las señales, sea siempre de 0.30 mts., no importa el valor del ancho del acotamiento, la altura del terraplén, ni del talud del corte.

Para poder cumplir con esta condición, el poste para soportar la señal preventiva se colocará a una distancia del hombro, igual a $0.30 \text{ mts} + 0.71T$, siendo T la dimensión del lado del tablero de la señal, así se tiene:

T	HP
0.60	0.73
0.71	0.80
0.86	0.91

En zona urbana, la distancia de 0.30 mts., debe medirse entre el paño exterior de la banqueta y el vértice interior de la señal.

La altura de las señales preventivas debe ser en carreteras, que el vértice inferior de la señal quede a 1.50 mts. del hombro y en calles, que el vértice inferior de la señal quede a 2.00 mts. sobre el nivel de la banqueta.

BI.- Las señales restrictivas, son aquellas que tienen por objeto indicar al usuario, tanto en zonas rurales, como urbanas, alguna fase del Reglamento de Tránsito para su cumplimiento, y así lograr regular el tránsito en esas vías.

El uso de las señales restrictivas, corresponde a la reglamentación de los casos siguientes:

- 1.- El derecho de paso
- 2.- El movimiento a lo largo del camino
- 3.- Los movimientos direccionales
- 4.- Las limitaciones en dimensiones y peso de los vehículos
- 5.- La prohibición de paso a ciertos vehículos
- 6.- Las restricciones a peatones
- 7.- Las restricciones de estacionamiento
- 8.- Restricciones diversas

BII.- Con excepción de las señales de ALTO Y CEDA EL PASO, que son de forma octagonal y triangular respectivamente, las señales restrictivas deben ser de forma rectangular, con su mayor dimensión en posición vertical, o bien circulares, éstas últimas, en los casos de prohibición absoluta que no requiere explicación adicional.

BIII.- Los tamaños de las señales restrictivas, sea que lleven ceja perimetral doblada o sean placas planas sin cejas, deberán tener las siguientes dimensiones:

DIMENSIONES (cms)	U S O
60 X 60 (sin ceja)	ALTO - Caminos estatales y vfas urbanas
71 X 71 (con ceja)	ALTO - Caminos Federales
70 X 70 X 70 (sin ceja)	CEDA EL PASO - Caminos estatales y vfas urbanas
85 X 85 X 85 (con ceja)	CEDA EL PASO - Caminos Federales
45 X 60 (sin ceja)	Caminos estatales y vfas urbanas
60 X 80 (sin ceja)	Caminos estatales de alta velocidad
56 X 76 (con ceja)	Caminos Federales y vfas rapidas urbanas
86 X 117 (con ceja)	Caminos Federales de alta velocidad y Auto_ pistas
Diámetro de 70 (con ceja)	Caminos Federales de alta velocidad y Auto_ pistas
Diámetro de 50 (sin ceja)	Caminos estatales y zonas urbanas

BIV.- En las señales restructivas, la de ALTO, deberá llevar fondo en color rojo en acabado mate, con letras y filete blancos, la señal de CEDA EL PASO debe llevar fondo en color blanco, franja perimetral en rojo y leyenda en color negro. Preferentemente deben ser las señales, restructivas, reflejantes. Los colores de las demás señales restructivas, serán con fondo en color blanco, con filete en color negro, el anillo en color rojo y las letras, números y símbolo en color negro.

Cuando estas señales indiquen una prohibición, el anillo llevará una franja diametral del mismo ancho que el anillo, inclinada a 45° y siempre bajando hacia la derecha.

En la parte inferior de la señal, bajo el anillo, se pondrá una leyenda complementaria del significado de la señal, en forma breve pero fácil de comprender.

Cuando se trate de caminos de tipo especial o vías de acceso controlado, tanto rurales como urbanas, los colores blanco y rojo deben ser reflejantes; en los demás caminos y calles, la pintura reflejante será opcional.

BV.- Las señales restructivas por regla general, deben colocarse en el punto mismo donde existe la restricción o prohibición. Se recomienda estudiar cuidadosamente su colocación, para evitar señales innecesarias.

Como caso especial quiero tratar el uso de las señales de ALTO Y CEDA EL PASO:

Para el uso de la primera, debe determinarse siempre mediante un estudio cuidadoso de las condiciones locales del tránsito.

Normalmente debe colocarse en los casos siguientes:

- 1.- En el cruce de dos calles o caminos principales, donde sea posible atenerse a la regla general del derecho de paso.
- 2.- En un entronque de un camino secundario con un camino principal
- 3.- En el cruce a nivel de un camino o calle con una vía de ferrocarril
- 4.- En cualquier intersección urbana en donde la posibilidad de accidentes haga imperativo esta señal

Siempre se debe colocar la señal, sobre el camino o calle de menor volumen de tránsito, y en el lugar preciso donde deban detenerse los vehículos.

En muchos casos, aparentemente se justifica la colocación de esta señal y en realidad el problema puede solucionarse simplemente con la colocación de la señal CEDA EL PASO, con menos inconvenientes para los conductores de vehículos, sobre todo cuando la distancia de visibilidad es suficiente y no se requiere hacer alto.

La señal CEDA EL PASO, implica que el conductor detenga o aminore la velocidad de su vehículo, cuando sea necesario ceder el paso al tránsito que se va a cruzar o a incorporar. Suele utilizarse con propósitos similares a los de la señal de ALTO, para señalar la preferencia del tránsito en un cruce. No debe considerarse como un sustituto de la señal de ALTO, donde ésta se justifique.

La señal de CEDA EL PASO, se justifica para los siguientes casos:

1.- En la intersección de un camino con otro secundario o con una calle, cuando exista la necesidad de señalar que el primero tiene preferencia de paso, pero que habiendo suficiente distancia de visibilidad, no sea necesario que los vehículos hagan parada obligatoria en todo el tiempo.

2.- En la rama de acceso a un camino de alta velocidad.

3.- En cualquier cruce donde exista un problema especial y en donde un estudio de ingeniería, indique que esta señal lo resuelva.

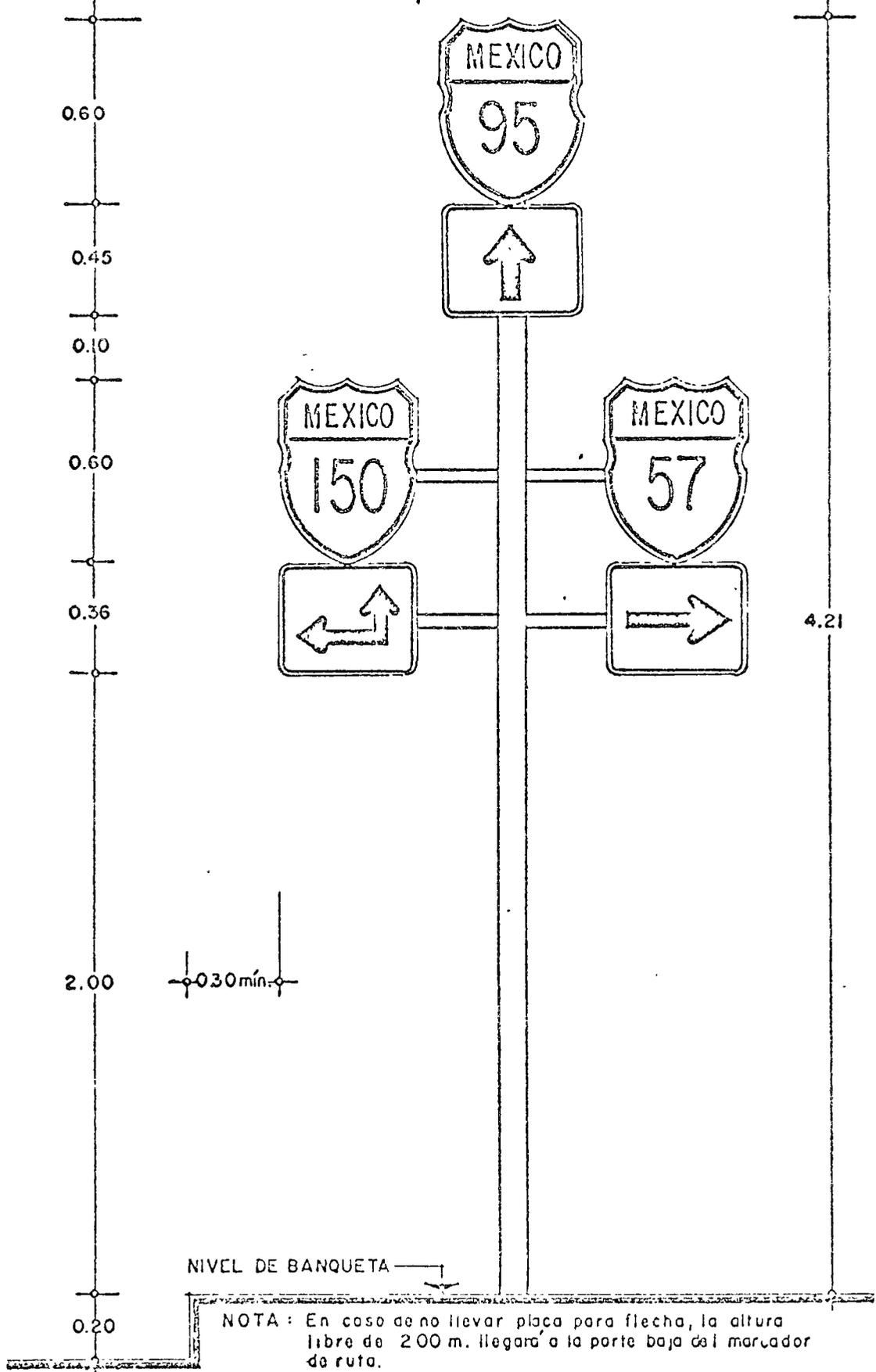
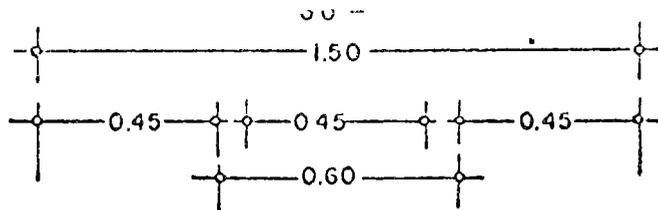
Esta señal siempre se colocará sobre la vía de menor volumen de tránsito.

CI.- Las señales informativas tienen como finalidad proporcionar alguna información para guiar al usuario a lo largo de su itinerario; información del tipo turístico, direccional, nombre de calles, poblaciones, parajes importantes, lugares de interés, etc., etc., distancias y ciertas recomendaciones que deba observar.

Las señales informativas se clasifican en cuatro grupos:

e.- De identificación. Que sirven para identificar los caminos según el número que les haya sido signado. Tendrán forma de escudo, pudiendo éste ser pintado sobre una placa rectangular o recortado según la silueta correspondiente. Este escudo podrá ser de dos formas, según que el camino de que se trate, sea federal o estatal.

Las flechas complementarias se usarán en conjunto con los escudos, para indicar el sentido que sigue un camino. Estos conjuntos de escudo y flecha, pueden usarse en zona urbana, para indicar el trayecto que debe seguir el usuario para no salirse de la ruta.



NIVEL DE BANQUETA

NOTA: En caso de no llevar placa para flecha, la altura libre de 2.00 m. llegará a la parte baja del marcador de ruta.

CONJUNTO DIRECCIONAL

2.- De destino. Se usarán para indicar al usuario el nombre de las poblaciones que se encuentran sobre la ruta, el número de ésta y la dirección que deberá seguir. Podrán usarse en repetición, y en este caso se llaman previas, de decisión y confirmativas, según su colocación, a saber: antes de la intersección, en el lugar de la decisión y después de la intersección.

3.- De servicios. Son aquellas que identifican lugares donde se prestan - servicios generales, como gasolineras, puestos de socorro, servicio telefónico etc., etc.

4.- De información general. Son las que identifican lugares, ríos, puentes, poblaciones, nombre de calles, sentidos de tránsito, desviaciones, postes de kilometraje etc., etc.

CII.- Las señales informativas deben ser de forma rectangular, con su mayor dimensión en posición horizontal, excepto los escudos, las señales de servicio y los postes de kilometraje.

CIII.- Las señales informativas deben ser en general, de fondo blanco en acabado mate, con filete, leyende, flechas y números en negro. En autopistas y otras arterias importantes, el fondo blanco, de preferencia deberá ser reflejante. Las señales informativas elevadas serán de fondo verde mate y filete, leyenda, flechas y números blanco reflejante. Las señales de servicios, tendrán marco azul y símbolos negro, dentro de un cuadro blanco, - excepto la de PRIMEROS AUXILIOS, que llevará símbolo rojo. Cuando la señal lleve la distancia o flecha en la parte inferior, ésta será blanca sobre fondo azul, en cuyo caso el cuadro blanco ira desplazado hacia la parte superior.

CIV.- Las señales informativas, ya sea que lleven ceja perimetral doblada, o sean planas sin ceja, tendrán las siguientes dimensiones:

DIMENSIONES DE LAS PLACAS INDIVIDUALES	LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESPERDICIO MINIMO	U S O
Caminos Federales		
Letras de 17.5 centímetros excepto donde se indica otra altura.		
30 X 40 (sin ceja)	91 X 244	Núm. de carretera (escudo)
40 X 56 (con ceja)	91 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
45 X 60 (sin ceja)	91 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
24 X 30 (sin ceja)	122 X 244	Flechas.
40 X 147 (con ceja)	91 X 366	Entronque a poblado con ramal de poca importancia
40 X 178 (con ceja)	91 X 366	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
40 X 178 (con ceja)	91 X 183	Cruce. Tres Tableros
40 X 239 (con ceja)	91 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
40 X 178 (con ceja)	91 X 183	Entronque. Dos Tableros.
40 X 239 (con ceja)	91 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
40 X 147 (con ceja)	91 X 305	Confirmación de ruta. Un Tablero

40 X 178 (con ceja)	91 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
40 X 238 (con ceja)	91 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
56 X 117 (con ceja)	122 X 244	Lugar. Dos renglones, Letras de 15 cm.
56 X 147 (con ceja)	122 X 305	Idem. Para mayor Longitud de Texto
60 X 244 (sin ceja)	122X 244	Elevadas. Un renglón con letras de 25 cm.
60 X 350 (sin ceja)	122 X 305	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
60 X 366 (sin ceja)	122 X 366	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
122 X 244 (sin ceja)	122 X 244	Elevadas. Dos renglones con letras de 25 cm.
122X305 (sin ceja)	122 X 305	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
122X366 (sin ceja)	122 X 366	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
122X488 (sin ceja)	122 X 244 y 122 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
91 X 366 (sin ceja)	91 X 366	Elevadas. Un renglón con letras de 30 cms o 35 cms.
91 X 488 (sin ceja)	91 X 244 y 91 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
91 X 549 (sin ceja)	91 X 244 y 91 X 305	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
122X366 (sin ceja)	122 X 366	Elevadas. Dos renglones con letras de 30 cm.
122X488 (sin ceja)	122X244 y 122 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.

122 X 549 (sin ceja)	122 X 244 y 122 X 305	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
152 X 366 (sin ceja)	152 X 366	Elevadas. Dos renglones con letras de 35 cm.
152 X 488 (sin ceja)	152 X 244 y 152 X 244	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
152 X 549 (sin ceja)	152 X 244 y 152 X 305	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
30 X 86 (con ceja)	122 X 183	Sentido del Tránsito, Avenidas principales y caminos.
56 X 147 (con ceja)	122 X 305	Límite de Estados.
56 X 178 (con ceja)	122 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
56 X 76 (con ceja)	122 X 244	Servicios.
86 X 117 (con ceja)	91 X 244	Servicios. Camino de alta velocidad.
56 X 147 (con ceja)	122 X 305	Varias. Letras de 15 cm. dos renglones.
86 X 147 (con ceja)	91 X 305	Varias. Letras de 15 cm. Tres renglones.
30 X 120 (sin ceja)	91 X 244	Indicador de peligro.
Caminos Estatales y Zonas Urbanas		
Letras de 12.5 centímetros		
30 X 40 (sin ceja)	91 X 244	Número de carretera. Escudo
45 X 60 (sin ceja)	91 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
24 X 30 (sin ceja)	122 X 244	Flechas.

30 X 150 (sin ceja)	91 X 305	Intersección. Uno, dos o tres tableros. Camino Estatal o zona urbana sin número de carretera
30 X 180 (sin ceja)	91 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
40 X 180 (sin ceja)	122 X 305	Intersección. Uno, dos o tres tableros. Zona urbana con número de carretera.
45 X 150 (sin ceja)	122 X 305	Lugar. Dos renglones
20 X 60 (sin ceja)	122 X 244	Nomenclatura Letras de 10cm.
20 X 90 (sin ceja)	122 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
20 X 60 (sin ceja)	122 X 244	Sentido del Tránsito.
45 X 150 (sin ceja)	91 X 305	Límite de Estados. Dos renglones.
45 X 180 (sin ceja)	91 X 183	Idem. Para mayor Longitud de Texto.
45 X 60 (sin ceja)	91 X 183	Servicios. Zonas Urbanas
60 X 80 (sin ceja)	122 X 244	Servicios. Caminos estatales y zonas urbanas
60 X 150 (sin ceja)	122 X 305	Varias. Dos renglones
90 X 150 (sin ceja)	91 X 305	Varias. Tres renglones.



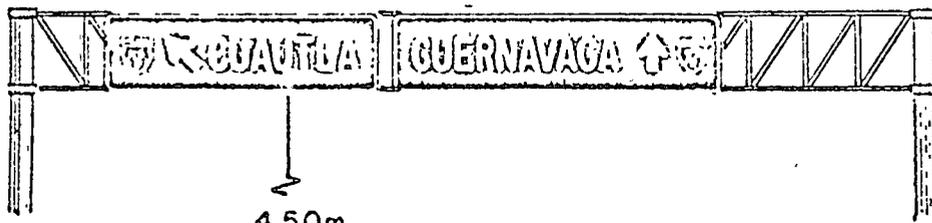
4.50 m.

TIPO
(BANDERA DOBLE)



4.50 m.

TIPO
(BANDERA)



4.50 m.

TIPO
(PUENTE)

SEÑALES ELEVADAS

Nota: El fondo de las señales elevadas es verde mate con letras, flechas y escudos blancos reflejantes.

CV.- La iluminación de una señal, se hará necesaria en aquellos casos en que la altura de las mismas, sea de mas de 4.00 mts. y ciertas condiciones especiales, hagan insuficiente el reflejo de los fanales del vehículo.

Los medios usados para la iluminación, son los siguientes:

- 1.- Una fuente de luz detrás de la señal, que ilumine el fondo, el símbolo o la leyenda, o una combinación determinada de éstos a través de un material traslúcido.
- 2.- Una fuente de luz montada al frente sobre la señal, destinada a dar una iluminación uniforme.
- 3.- Cualquier artefacto, como tubos luminosos, que sigan el contorno, el símbolo o la leyenda; o cualquier efecto luminoso que haga visible la señal durante la noche.

La formula para calcular la iluminación de las señales es:

$$IS = \frac{(N) (L) (Fc) (Ft) (Fl) (Fd)}{A}$$

Donde:

N = Número de unidades usadas

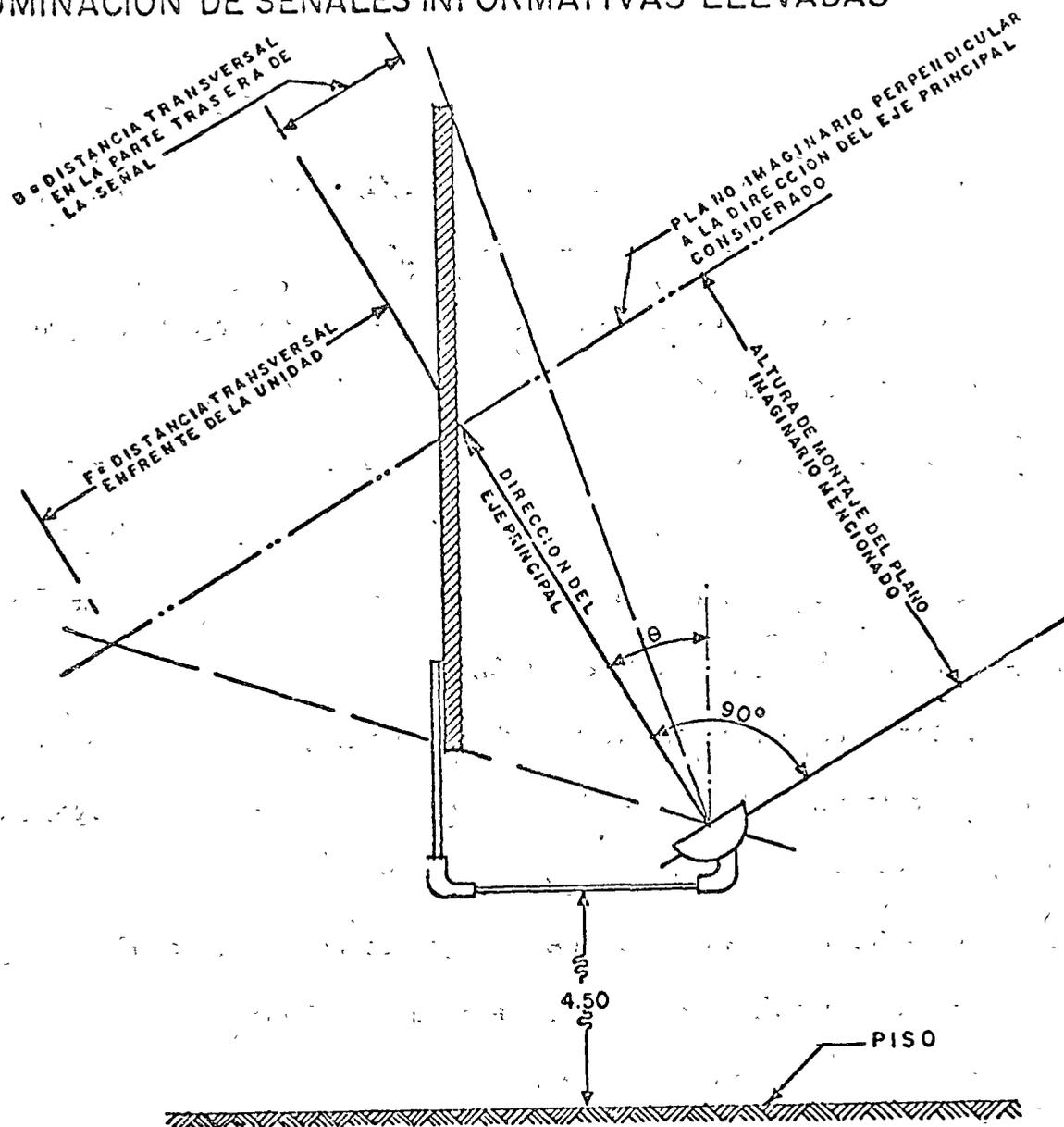
L = Lúmenes efectivos

Fc = Factor de Conservación

Ft = Factor por temperatura

Fl = Factor de lámpara = relación de la luz usada fuera de la lámpara, a la luz fuera de la lámpara indicada en los datos fotométricos.

ILUMINACION DE SEÑALES INFORMATIVAS ELEVADAS



$$\text{Iluminación de Señales} = \frac{(N) (L) (FC) (FT) (FL) (FP)}{A}$$

Donde:

N = Número de unidades usadas.

L = Lúmenes efectivos.

FC = Factor de conservación.

FT = Factor por temperatura.

FL = Factor de lámpara = relación de la luz usada fuera de la lámpara a la luz fuera de la lámpara indicada en los datos — fotométricos.

FP = Factor por pérdidas al final = $(N^{-1/4}) / N = 2^{-1/2} / 2 = 0.75$

A = Área de la señal que será iluminada en m^2

AL = Altura del luminario con relación a un plano imaginario = 1.83 m.

F = Distancia transversal enfrente de la unidad = 2.20 m.

B = Distancia transversal atrás de la unidad = 0.17 m.

$F_p = \text{Factor por pérdidas al final} = N^{-1/4} \times 1/4 / N = 2^{-1/2} / 2 = 0.75$

A = Area de la señal que será iluminada en m².

CVI.- Las señales informativas se colocarán en donde un estudio previo indique las necesidades de su uso. Cuando en una intersección de importancia las señales informativas de destino se usen en conjunto con una preventiva, se colocará una informativa previa entre la preventiva y el lugar de decisión. Se colocará otra de decisión en este lugar y por último una confirmativa después de la decisión.

Las señales informativas se situarán de tal manera, que estén cuando menos a una distancia mínima de 60 mts. de otra, aunque en zona urbana deben hacerse ajustes en casos de espacio limitado.

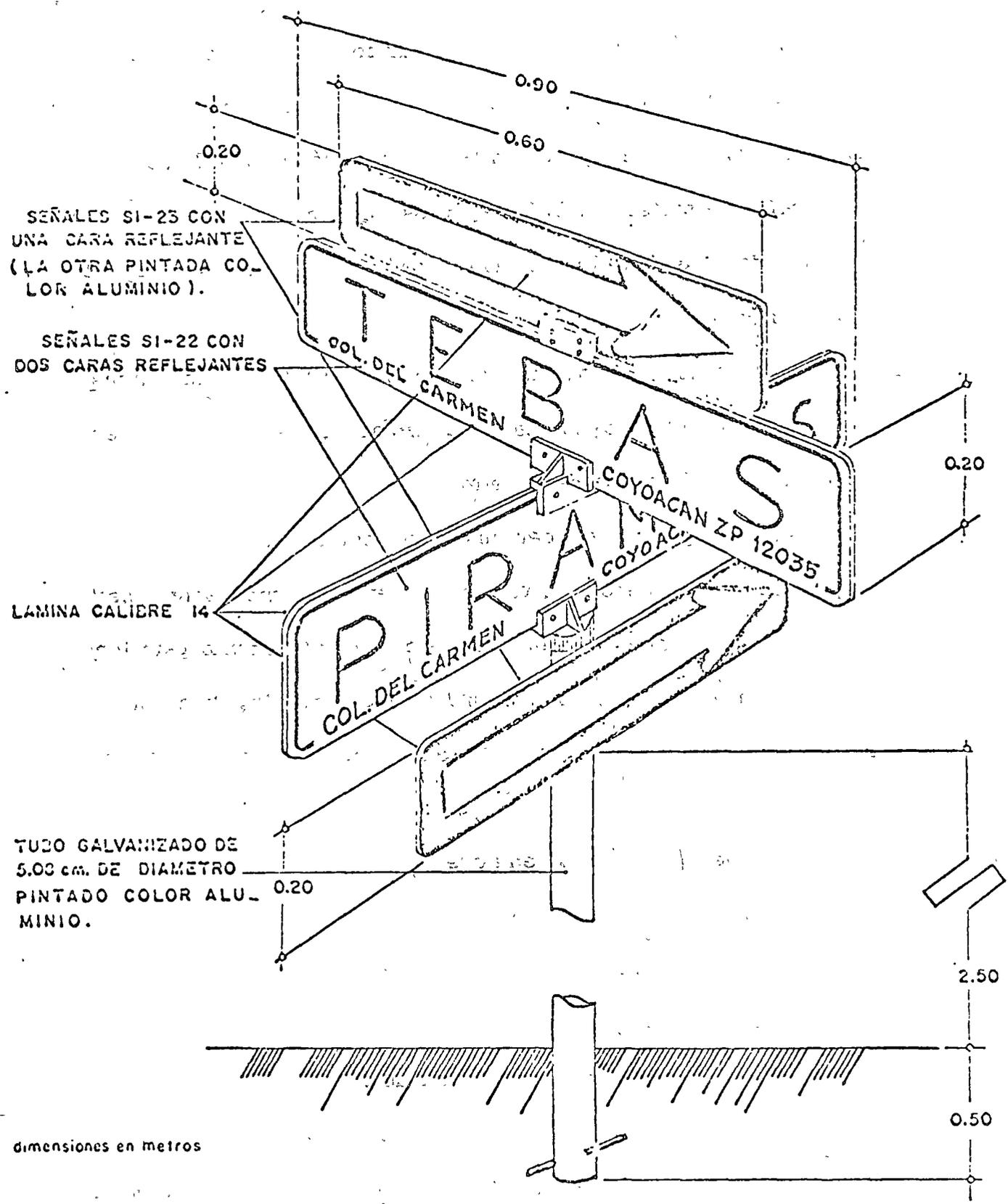
Las señales informativas de servicio, se podrán colocar en caminos de alta velocidad y autopistas en general, a 5 kms., a 1 km., a 500 mts., a 250 mts., y en el lugar de salida o acceso.

El tablero de cualquier tipo de señal, deberá estar siempre en posición vertical, a 90° con respecto al eje del camino. En señales elevadas, conviene darle cierta inclinación hacia abajo, de 5°

Todo tipo de señales, con excepción de las elevadas, deben llevar en la parte posterior, encerrado en un rectángulo de 15cm X 8 cm., con letras negras el texto que diga "NO DAÑAR".

El color de los postes y reverso de placas, para todo tipo de señales, todas deberán ir pintadas en color aluminio.

SEÑAL DE NOMENCLATURA



SEÑALES SI-23 CON UNA CARA REFLEJANTE (LA OTRA PINTADA COLOR ALUMINIO).

SEÑALES SI-22 CON DOS CARAS REFLEJANTES

LAMINA CALIBRE 14

TUBO GALVANIZADO DE 5.00 cm. DE DIAMETRO PINTADO COLOR ALUMINIO.

dimensiones en metros

Nota: Las dimensiones y características de los tableros de la señal, deberán estar de acuerdo con las especificaciones indicados en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. (SOP edición 1970)

Señal de nomenclatura SI-22 (página-49)

Señal de sentido del tránsito SI-23 (página-50)

Trazo, Formación de palabras y Textos.- En los EE.UU., se utilizan cinco series de alfabetos de letras mayúsculas denominadas series: F; E; D; C y B, que corresponden a la denominación que se hace en nuestro país, de series: 1; 2; 3; 4 y 5 respectivamente.

El alfabeto de serie B (5) lo destinan a nombre de calles y señales de estacionamiento.

La serie E (2) lo usan en combinación con el alfabeto de letras minúsculas, usando la letra mayúscula como inicial y aumentando el grueso de rasgo a $1/5$ de la altura de la letra.

Las letras mas amplias favorecen una mejor visibilidad.

El tamaño de la letra necesaria para cualquier señal informativa, será aquella que proporcione al conductor una oportunidad amplia para leerla con facilidad a una velocidad normal de acercamiento. Para tomar una decisión con relación al tamaño de la letras deben tomarse en cuenta - los siguientes conceptos:

- 1.- Velocidad de los vehículos en acceso.
- 2.- Ubicación de la señal
- 3.- Ancho y tipo de letras
- 4.- Iluminación o efecto reflejante
- 5.- Tiempo necesario para prevenir al conductor.
 - a).- Tiempo para mirar y afocar (de 0.5 a .126 seg.)
 - b).- Tiempo de percepción-reacción y tiempo de parada o deceleración para una maniobra necesaria (de 0.75 al 1.0 seg. en zonas urbanas y de 2.5 seg. en zonas rurales.)

6.- Cantidad de leyendas en la señal.

Una recomendación importante es no usar nunca mas de tres leyendas direccionales en una señal informativa, y para casos de vias rápidas o autopistas, en los nombres de destino o calles, no usar mas de dos leyendas.

El espaciamiento entre las letras afecta notablemente su legibilidad; al grado que; con pruebas se ha demostrado que para una leyenda dada, la mejor legibilidad se obtiene usando espaciamientos amplios entre letras y no letras más amplias con espacios más reducidos.

El espaciamiento entre palabras y entre renglones de palabras, varía con el tipo de letra,

Con frecuencia se dice que las letras minúsculas son mas legibles que las letras mayúsculas, debido a que la forma ascendente y descendente de las minúsculas, tales como la "b" y la "y" dan una forma característica a las leyendas, lo que facilita su reconocimiento. En un experimento efectuado en los E. U. A., la distancia de legibilidad de leyendas de uso común y conocidas, fue de alrededor de un 10% mayor al usar letras minúsculas, con respecto al uso de mayúsculas, aprovechando areas iguales; Sin embargo, la prueba ha sido criticada por haber sido empleadas únicamente señales con leyendas simples, los espacios marginales fueron ampliados para obtener una legibilidad máxima, y la mayoría de los espacios a la izquierda de las leyendas con mayúsculas, estuvieron vacíos en comparación con los de las letras minúsculas.

Los diferentes alfabetos son legibles a diferentes distancias, aún cuando la altura de la letra sea la misma. Muchos factores afectan la legibilidad, por ejemplo: el ancho de la letra, el grueso de rasgo, el espaciamiento entre las letras, la proximidad a las orillas, el contraste en el color y la brillantez.

Generalmente las letras mas angostas son menos legibles que las letras amplias. En Alemania se usan tres series de alfabetos con diferentes anchos de letras y el mismo grueso de rasgo para diferentes distancias de legibilidad. Para el rasgo de ancho optimo, Berger obtuvo un valor de $1/8$ de la altura de la letra para letras negras sobre fondo blanco y de $1/13$ para letras blancas sobre fondo negro, (el ancho de rasgo para letras blancas es menor que para las letras negras debido a que la imagen visual de una area brillante, aparece difundirse en el area oscura adyacente. A este fenómeno se le llama "irradiación".)

En nuestro Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, las letras mayúsculas y números que se usan en las señales, son del tipo gótico, sin adornos ni salientes, con las esquinas en ángulo. Se proporcionan números y alfabetos de diferentes alturas y cada uno de éstos en cinco anchos, con objeto de que una leyenda con letras de determinada altura, pueda ajustarse a la longitud disponible para ella en la señal y para que además, quede de acuerdo con las reglas de legibilidad, según la velocidad aceptada en el camino o tramo.

Las letras mayúsculas que se usan en las señales de tránsito se agrupan en cinco series diferentes, según la relación de ancho a altura, las cuales varían en las proporciones que se indican a continuación.

No. de Serie	Ancho	Altura
1	100	100
2	88	100
3	75	100
4	63	100
5	50	100

El ancho de rasgo con que se trazán las letras y números, para alturas de 100 m.m. es el siguiente:

No. de Serie	Ancho
1	17 m.m.
2	16 m.m.
3	15 m.m.
4	13 m.m.
5	12 m.m.

Para otras alturas el ancho del rasgo es proporcional a ellas.

En cada serie debe haber diferentes alturas y para usos normales de señalamiento se aceptan las siguientes: 50; 75; 100; 125; 175; 200; 250; 300 y 350 milímetros.

Dimensiones.- La tabla de "Dimensiones" que acompaña a cada grupo de caracteres de cada serie, proporciona las medidas necesarias para

dibujarlos en sus distintas alturas.

Si fuera necesario dibujar letras de mayores dimensiones, se obtienen proporcionalmente a las de la serie que se escoja.

Al dibujar una letra o número, es conveniente que las tangentes, arcos mayores y ciertos puntos de control, sean trazados primero, y en seguida los arcos de radio mas pequeño que sirven de unión de los trazos.

Espaciamiento.- Al principio de los dibujos y de las tablas de "Dimensiones" de cada serie (en el Manual), se proporcionan las tablas de "Anchura de letras", "Anchura de números" y de "Espaciamientos", que sirven para calcular la longitud total de una o mas palabras.

El espaciamiento entre letras varía según la forma de cada una, y para el efecto, se asigna un número romano de acuerdo con lo siguiente:

I, para las letras con los costados verticales; II, para las que los tienen curvos y III, para los que los tienen con entrantes, inclinados, o que en general, no corresponden a las claves I ni II.

Una vez identificadas las letras y sus claves de espaciamiento, tanto para el lado izquierdo como para el lado derecho, se toma el número romano del lado derecho de la letras precedente, con el de la izquierda de la letra siguiente y se obtiene la "convinación de claves".

Ejemplo: En las letras de la palabra DAR, las claves son:

D = I - II; A = III - III y R = I - II, al formar la palabra queda:

D A R
I II - III III - I II

Por lo tanto, las claves de los espacios serán II - III entre la D y la A y III - I entre la A y la R, cuyos valores se encuentran en las tablas de "Espaciamientos", para las distintas alturas de letras.

Combinación de claves de espaciamientos.- Las seis posibles combinaciones, son: I-I; I-II; I-III; II-II; II-III y III-III; que son iguales a los casos invertidos.

La combinación III-III tiene dos modalidades; cuando los costados de las letras adyacentes no son paralelos, como LA y cuando son paralelos, como en AV.

Las señales preventivas no llevan leyenda, sólo en las de ANCHURA LIBRE Y ALTURA LIBRE se indican unos números y letras que ya están acotados en las figuras correspondientes.

Las restrictivas tienen letreros y números, pero la altura de las letras está definida en cada caso, así como su distribución.

En las informativas es donde existe mayor variación, tanto por la diversidad de leyendas, como por su combinación con otros signos, como escudos y flechas direccionales.

Los distintos elementos que entran en la formación de una señal con escudo, flecha y leyenda son:

A).- Filete. Este es el que forma el marco que en general encuadra a las leyendas, flechas y números. Los escudos quedan fuera de él para permitir una mayor dimensión del escudo, para la placa que se use.

El filete será de 1 cm de ancho en todas las señales, excepto las eleva

das e irá a 1 cm de separación de la orilla de la placa o del dobléz del canto en el caso de las señales que lo llevan. En las señales elevadas, tanto el ancho del filete como su distancia a la orilla será de 2 cm y en cuadrada toda la leyenda, incluyendo el escudo.

B).- Escudo. El dibujo de éste medirá 28 X 38 cm a los límites del perfil que lo limita, cuando vaya dibujado en la misma placa de la leyenda. En las señales elevadas podrá medir hasta 43 X 58 cm. En señales de CRUCE o ENTRONQUE en caminos federales, se usan placas de 40 cm de ancho disponible y el escudo se coloca fuera del filete. Se separará 1 cm de la orilla lateral de la placa y 4 cm de filete, así es que ocupa un ancho de $1 + 28 + 4 = 33$ cm. a lo largo de la placa.

C).- Flecha. se ha estipulado que su longitud sea de 1.5 veces la altura de las letras que se vayan a emplear en la palabra o leyenda. Sus demás dimensiones están dadas ya en el inciso SI-4 del Manual, así como los espaciamentos que debe guardar con otros elementos.

D).- Leyenda. Además de las reglas generales dadas en el inciso SI-4 del Manual, la tabla de "Anchura de letras mayúsculas y números" y la de "Espaciamentos" proporcionan estos datos para calcular la longitud total de una palabra o leyenda para una altura de letra dada.

Sólo faltará escoger la serie que más convenga al espacio de que se dispone para ello en la placa de la señal correspondiente.

Supongamos, como ejemplo, que se va a tener que hacer una señal de CRUCE, de 3 tableros, de 40 cm de ancho cada uno, para cada destino y de 178 cm de largo, según requiera la longitud de la leyenda. La altura de letra fijada es de 17.5 cm. Supongamos que se trata del cruce de los caminos de Querétaro a San Luis Potosí con el de Dolores Hidalgo a San Luis de la Paz. Los nombres que hay que poner son estos tres últimos.

Los escudos siempre irán a un extremo del tablero y ocupan: 28 cm de anchura, 1 cm de distancia a la orilla izquierda de la placa y 4 cm al filete o sean 33 cm en total.

El filete es de 1 cm de anchura y en el extremo está separado 1 cm de la orilla de la placa o tablero. De la leyenda queda separado una distancia equivalente a 0.5 de altura de la letra, o sean 9 cm. En total, estas anchuras y espacios suman 12 cm.

La flecha que ocupa más lugar es la horizontal, que se pondrá para señalar los sentidos de tránsito a la izquierda y a la derecha, o sea a Dolores Hidalgo y a San Luis de la Paz, respectivamente, en nuestro caso.

Otra flecha que vaya vertical o inclinada del mismo lado, se centrará en el espacio que requiera la horizontal. El largo de la flecha, es igual a 1.5 veces la altura de la letra o sean aproximadamente 26 cm. La separación entre su punta de filete es de 0.3 de la altura de la letra, o sean 5 cm. En su otro extremo deberá separarse 0.5 de la altura de la letra, o sean 9 cm de la mayúscula próxima. Así tendremos:

$26 + 5 + 9 = 40$ cm para el espacio de la flecha

En total:

Escudos y espaciamentos:	33 cm
Fíletes y espaciamentos:	12 cm
Flecha horizontal y espaciamentos:	<u>40 cm</u>
Suma:	85 cm

Espacios disponibles para el letrero:

En placa de 178 de largo: $178 - 85 = 93$ cm

En placa de 239 de largo: $239 - 85 = 154$ cm

De los tres nombres que debemos dibujar (uno en cada tablero) el más largo es Dolores Hidalgo, con 14 letras y un espacio.

Para tener idea aproximada de la serie conveniente, dividimos 93 entre 14, que da 6.6 cm y 154 entre 14 que da 11 cm para letra y espacio.

En las tablas de "Anchuras" y "Espaciamentos" en la serie 3, y para 17.5 cm de alto, como promedio se puede obtener 11 cm de ancho de letra y 2.8 de espaciamento, que suman 13.8 cm, que es mayor que el requerido para la placa de 239 cm; si usamos la serie 4, tenemos: 9.0 de ancho promedio de letras y 2.3 de espaciamento o sean 11.3, que ya se aproxima mucho a los 11 cm necesarios. Así, pues, calcularemos con la serie 4 el largo total del letrero. Entre palabras tomaremos el mínimo aceptado, que es 0.5 de la altura de la letra:

Letra	Anchura	Clave	Combinación de claves	Espaciamento Cálculo corregido
DIMENSIONES EN MILIMETROS				
SERIE 4				
D	88	I	II	II - II 23 21
O	93	II	II	II - I 28 25
L	82	I	III	III - II 23 21
O	93	II	II	II - I 28 25
R	88	I	II	II - I 28 25
E	82	I	III	III - II 23 21
S	88	II	II	
Entre palabras				88 85
H	88	I	I	I - I 28 25
I	23	I	I	I - I 28 25
D	88	I	II	II - III 23 21
A	110	III	III	III - I 23 20
L	82	III	III	III - II 23 20
G	88	II	II	II - II 23 20
O	93	II	II	
<hr/>				<hr/>
1 186				389 354

Longitud total: $1186 + 389 = 1575$ mm. Esta longitud se pasa en 35 mm de los 1540 disponibles. Por ser corta esta diferencia, la podemos repartir entre los 13 espacios que tenemos y nos da entre 2 y 3 mm menor cada uno de los calculados, como aparece en la última columna.

En vez de disminuir estos espaciamentos, podremos calcular las palabras con la serie 5, aunque es un poco menos visible que la 4, como sigue:

Letra	Anchura	Clave		Combinación de claves	Espaciamento calculado
DIMENSIONES EN MILIMETROS					
SERIE 5					
D	70	I	II		
O	74	II	II	II - II	19
L	65	I	III	II - I	23
O	74	II	II	III - II	19
R	70	I	II	II - I	23
E	65	I	III	II - I	23
S	70	II	II	III - II	19
Entre palabras					88
H	70	I	I		
I	21	I	I	I - I	23
D	70	I	II	I - I	23
A	88	III	III	II - III	19
L	65	I	III	III - I	19
G	70	II	II	III - II	19
O	74	II	II	II - II	19
	946				336

Longitud total: $946 + 336 = 1282$ mm.

Este largo no cabría en la placa de 178 cm, que deja 93 cm para 14 palabras y quedaría muy holgado en los 151 cm de la placa de 239 cm: es que mejor dejamos la serie 4 con espaciamentos corregidos.

El otro nombre que sigue en longitud es "San Luis de la Paz"; lo calculamos:

Letra	Anchura	Clave	Combinación de claves	Espaciamento Calculado	Espaciamento Corregido
DIMENSIONES EN MILIMETROS					
SERIE 4					
S	88	II - II			
			Entre palabras	118	118
L	82	I - III	III - I	23	23
U	88	I - I	I - I	28	28
I	23	I - I	I - II	28	27
S	88	II - II			
			Entre palabras	88	87
D	88	I - II	II - I	28	27
E	82	I - III			
			Entre palabras	88	87
L	82	I - III	III - III	16	16
A	110	III - III			
			Entre palabras	88	87
P	88	I - III	III - III	7	7
A	110	III - III	III - III	16	16
Z	88	III - III			
	1017			528	523

Largo total: $1017 + 528 = 1545$ mm, o sea sólo: $1545 - 1540 = 5$ mm más largo que el espacio disponible; así que para ajustar, debemos acortar los espaciamentos, como queda indicado en la última columna.

Por último, vamos a calcular la longitud que requiere el nombre de "San Luis Potosí":

Letra	Ancho	Clave	Combinación de claves	Espaciamento calculado
DIMENSIONES EN MILIMETROS				
SERIE 4				
S	88	II - II		
		Entre palabras		118
L	82	I - III	III - I	23
U	88	I - I	I - I	28
I	23	I - I	I - II	28
S	88	II - II		
		Entre palabras		88
P	88	I - III	III - II	23
O	93	II - II	II - III	23
T	82	III - III	III - II	23
O	93	II - II	II - II	23
S	88	II - II	II - I	28
I	23	I - I		
	836			405

Largo total: $836 + 405 = 1\ 241$ mm.

Así es que sobrarán: $1\ 540 - 1\ 241 = 299$ mm, que podremos dejar en blanco al final de la leyenda, o bien ponerla en otra serie más ancha; como los anchos de letras y sus espaciamentos son proporcionales de una a otra serie, si tomáramos la serie 3, quedaría el nombre con un largo de $1\ 241 \times \frac{75}{63} = 1\ 477$ mm, o sea que sólo sobrarán $1\ 540 - 1\ 477 = 63$ mm.

En general, no conviene tomar, cuando hay lugar disponible, una serie más ancha que la siguiente a la que es común a los otros letreros, pues esa leyenda llamaría mucho más la atención del conductor que las otras.

Conviene recordar que, una vez calculada la longitud de una leyenda, esta misma nos servirá para otros casos en que la debamos poner, ya sea en otra serie o ya sea en otra altura de letra. Para una misma altura de letra en otra serie, la longitud en la nueva es proporcional a los anchos de letra respectivos, dados al principio de este capítulo; si hemos calculado los distintos nombre o leyendas en serie 4 y queremos, para otra señal, usar la serie 2, por ejemplo, la nueva longitud que ocupe será:

Longitud en serie 2 = longitud en serie 4 x 88/63 o sea, para "S Luis Potosi"

Longitud en serie 2 = 1241 mm x 88/63 = 1 241 x 1.39683=1733 mm

Para obtener la longitud de una palabra o leyenda en una serie partiendo de la ya calculada en otra serie, tendremos la siguiente.

T A B L A

Longitud calculada	"	Multipliquese por factor	"	Longitud descada
Serie 2		1.136336		
" 3		1.33333		
" 4		1.58730		Serie 1
" 5		2.00000		
Serie 1		0.88000		
" 3		1.17333	PARA	Serie 2
" 4		1.39683		
" 5		1.76000		

Serie 1	0.75000		
" 2	0.85228		
" 4	1.19047		Serie 3
" 5	1.50000		
Serie 1	0.63000		
" 2	0.71591	OBTENER	Serie 4
" 3	0.84000		
" 5	1.26000		
Serie 1	0.50000		
" 2	0.56818		
" 3	0.66667		Serie 5
" 4	0.79365		

Para pasar de la leyenda calculada con una altura de letra a la misma leyenda con la misma serie, pero con otra altura, bastará multiplicar la longitud calculada por la relación de la nueva altura a la con que se calculó antes. Si hemos calculado para 175 mm de altura y deseáramos tener la longitud de la leyenda en 250 mm de altura:

$$\text{Longitud nueva} = \text{Longitud anterior} \times 250/175$$

$$\text{o sea: Longitud nueva} = 1\ 241 \times 250/175 = 1\ 241 \times 1\ 428 = 1\ 772 \text{ mm}$$

O bien, si la misma se desea tener en letra de 125 mm de alto: longitud =

$$1\ 241 \times 125/175 = 886 \text{ mm.}$$

Si además, se desea cambiar de serie, se procede con esta última longitud, en la forma indicada antes, o bien, se obtiene la nueva longitud producida por el cambio de serie y luego se multiplica por el factor correspondiente - por cambio de altura de letra.

LETRAS MINUSCULAS.-

Las letras minúsculas para señales de tránsito serán sin adornos ni salientes y del tipo que se ilustra, que corresponde al gótico de las mayúsculas.

Las minúsculas se usarán para las palabras complementarias de los nombres de destino de las señales informativas y en las abreviaturas de unidades.

La primera letra de cada frase o palabra aislada de letras minúsculas, excepto abreviaturas de unidades, empezará con una letra inicial mayúscula.

Altura. El cuerpo de las letras tendrán una altura igual a 0.72 de la mayúscula correspondiente. El rasgo ascendente de las letras b, d, f, h, k, l, t, será de 0.28 de la altura de la mayúscula. Los rasgos descendentes de las letras g, j, saldrán abajo de la línea de base 0.36 de esa altura, y los de las letras p, q, y, sobresaldrán 0.30 de esa altura.

La parte inferior y superior del cuerpo de algunas de las letras, sobresaldrá ligeramente por abajo y por arriba de las líneas de base, como en las mayúsculas.

Números. Los números que acompañen a las minúsculas, serán invariablemente, del tamaño de las letras mayúsculas iniciales.

Series. Solamente habrá una serie de letras minúsculas y se usará en combinación con cualquier serie de mayúsculas.

Rasgos. Serán del mismo ancho que el de la serie 1 de mayúsculas. En algunas partes tienen adelgazamientos para hacerlas más legibles.

Dimensiones. Las dimensiones que corresponden a las distintas alturas se encontrarán en las tablas de cada grupo de letras.

Dibujo. Deberán observarse las mismas prácticas y recomendaciones - que se expusieron para dibujar las letras mayúsculas y los números. Todas las letras se podrán dibujar con regla, escuadra y compás sin recesidad del uso de pistolas de dibujo. Hay algunos arcos que se deberán completar con líneas rectas tangenciales.

Espaciamientos de letras minúsculas. El espacio entre palabras podrá variar entre 0.5 y 1.0 de la altura de la mayúscula. La distancia mínima entre palabras o entre números será igual a esa altura.

Los espacimientos entre letras minúsculas varían de los de las mayúsculas pues no se dan claves, sino que se han determinado los adecuados entre mayúsculas iniciales y minúsculas siguientes y los que irán entre las letras minúsculas. Se formarán cinco grupos de mayúsculas iniciales y cuatro grupos de minúsculas precedentes que se combinarán con los distintos grupos de las minúsculas siguientes.

Anchura de letras. Es proporcional a la altura de las mayúsculas. La tabla de las anchuras de letras minúsculas para las diferentes alturas y las de espaciamientos, permitirán hacer el cálculo de la longitud de las palabras o leyendas, pudiéndose aplicar las mismas modalidades establecidas para las - letras mayúsculas.

GUIA PARA LA DISTRIBUCION DE ELEMENTOS
EN LAS SEÑALES DE VADAS
Longitud del tablero de la señal

Alto de letras máximas en cm	Dimen- siones del tablero en cm	Esp. entre letras cm	Esp. entre palabras cm	Esp. entre líneas cm	Esp. entre columnas cm	Esp. entre columnas cm	Esp. entre columnas cm	ELEMENTO		Esp. entre columnas cm	Esp. entre columnas cm	Esp. entre columnas cm	Separación vert. entre filetes y texto o entre tex- tos (cm)
								Longitud cm	No. apro- x. de letras				
25 m renglón	60 x 244	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	115	-6	12.5	2	13.5
	60 x 305	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	177	-7.0	12.5	2	
	60 x 366	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	238	+10	12.5	2	
	60 x 244	2	2	12.5	30	12.5	38	12.5	126	-9	12.5	2	
	60 x 305	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	188	-7.0	12.5	2	
	60 x 366	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	250	+10	12.5	2	
25 doble renglón	122 x 366	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	233	-12	12.5	2	21.3
	122 x 427	2	2	12.5	30	12.5	40	12.5	295	+12	12.5	2	
	122 x 366	2	2	12.5	30	12.5	28	12.5	259	-2	12.5	2	
	122 x 427	2	2	12.5	30	12.5	28	12.5	321	+2	12.5	2	
	122 x 366	2	2	12.5	30	12.5	26	12.5	251	-12	12.5	2	
	122 x 427	2	2	12.5	30	12.5	26	12.5	313	+2	12.5	2	
30 m renglón	91 x 366	2	2	15.0	45	15.0	45	15.0	203	-	15.0	2	20.5
	91 x 427	2	2	15.0	45	15.0	45	15.0	265	-10-14	15.0	2	
	91 x 366	2	2	15.0	45	15.0	43	15.0	211	+14	15.0	2	
	91 x 427	2	2	15.0	45	15.0	43	15.0	273	-	15.0	2	
	91 x 366	2	2	15.0	45	15.0	41	15.0	222	-	15.0	2	
	91 x 427	2	2	15.0	45	15.0	41	15.0	284	+4	15.0	2	
30 doble renglón	122 x 366	2	2	15.0	30	15.0	45	15.0	233	-	15.0	2	13.0
	122 x 427	2	2	15.0	30	15.0	45	15.0	295	-10-14	15.0	2	
	122 x 366	2	2	15.0	30	15.0	43	15.0	239	+4	15.0	2	
	122 x 427	2	2	15.0	30	15.0	43	15.0	301	-	15.0	2	
	122 x 366	2	2	15.0	30	15.0	32	15.0	236	-	15.0	2	
	122 x 427	2	2	15.0	30	15.0	32	15.0	298	+10-14	15.0	2	
35 m renglón	91 x 366	2	2	17.5	45	17.5	45	17.5	191	-7	17.5	2	24.0
	91 x 427	2	2	17.5	45	17.5	45	17.5	253	-7-11	17.5	2	
	91 x 366	2	2	17.5	45	17.5	43	17.5	197	+11	17.5	2	
	91 x 427	2	2	17.5	45	17.5	43	17.5	259	-	17.5	2	
	91 x 366	2	2	17.5	45	17.5	41	17.5	207	-7	17.5	2	
	91 x 427	2	2	17.5	45	17.5	41	17.5	269	+11	17.5	2	
35 doble renglón	152 x 488	2	2	17.5	45	17.5	52	17.5	413	-1	17.5	2	24.7
	152 x 549	2	2	17.5	45	17.5	52	17.5	475	+2	17.5	2	
	152 x 488	2	2	17.5	45	17.5	47	17.5	325	-1	17.5	2	
	152 x 549	2	2	17.5	45	17.5	47	17.5	387	+2	17.5	2	

NOTA. Cuando el número de palabras está en el límite se recomienda verificar la longitud con el Manual.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS CINCO SERIES
DE LETRAS MAYUSCULAS

SERIE 1

A B C D E F G H

SERIE 2

A B C D E F G H I J

SERIE 3

A B C D E F G H I J K I

SERIE 4

A B C D E F G H I J K L M I

SERIE 5

A B C D E F G H I J K L M N O P (

ANCHURA DE LETRAS MAYUSCULAS

SERIE 1

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LAS LETRAS, ES IGUAL AL ANCHO DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA	ALTURA DE LETRAS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
A	50	75	100	125	150	175	200	250	300	III	III
B	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	II
C	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	III
D	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	II
E	37	56	74	93	111	130	148	185	220	I	III
F	37	56	74	93	111	130	148	185	220	I	III
G	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	II
H	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	I
I	9	13	17	22	26	30	34	43	51	I	I
J	37	56	74	93	111	130	148	185	220	III	I
K	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	III
L	37	56	74	93	111	130	148	185	220	I	III
M	46	69	92	115	138	161	184	230	276	I	I
N	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	I
Ñ	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	I
O	42	63	84	105	126	147	168	210	252	II	II
P	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	III
Q	42	63	84	105	126	147	168	210	252	II	II
R	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	II
S	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	II
T	37	56	74	93	111	130	148	185	220	III	III
U	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	I
V	46	69	92	115	138	161	184	230	276	III	III
W	53	78	105	131	158	184	210	263	315	III	III
X	42	63	84	105	126	147	168	210	252	III	III
Y	50	75	100	125	150	175	200	250	300	III	III
Z	40	60	80	100	120	140	160	200	240	III	III

ANCHURA DE NUMEROS

SERIE 1

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LOS NUMEROS. ES IGUAL AL ANCHO
DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

NUMERO	ALTURA DE NUMEROS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
1	16	24	32	40	48	56	64	80	96	I	I
2	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	II
3	40	60	80	100	120	140	160	200	240	III	II
4	42	63	84	105	126	147	168	210	252	III	III
5	40	60	80	100	120	140	160	200	240	I	II
6	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	II
7	35	53	70	88	105	123	140	175	210	III	III
8	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	II
9	40	60	80	100	120	140	160	200	240	II	II
0	42	63	84	105	126	147	168	210	252	II	II

ESPACIAMIENTOS PARA MAYUSCULAS Y NUMEROS

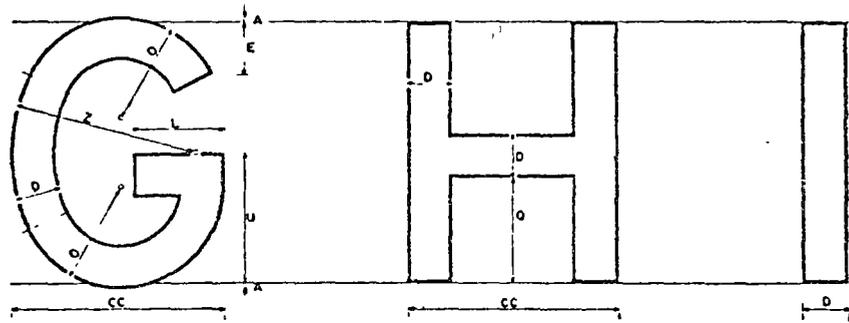
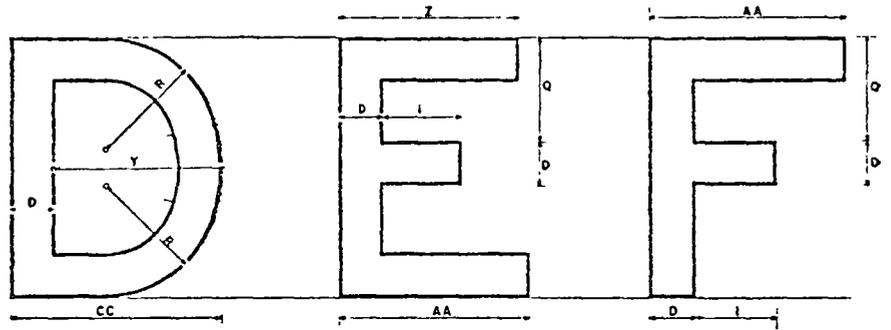
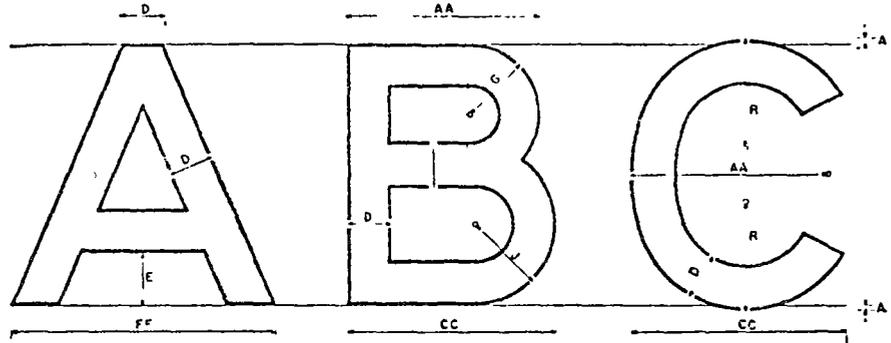
SERIE 1

EL ESPACIAMIENTO ES LA DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE LOS PUNTOS MAS CERCANOS DE LAS LETRAS O DE LOS NUMEROS

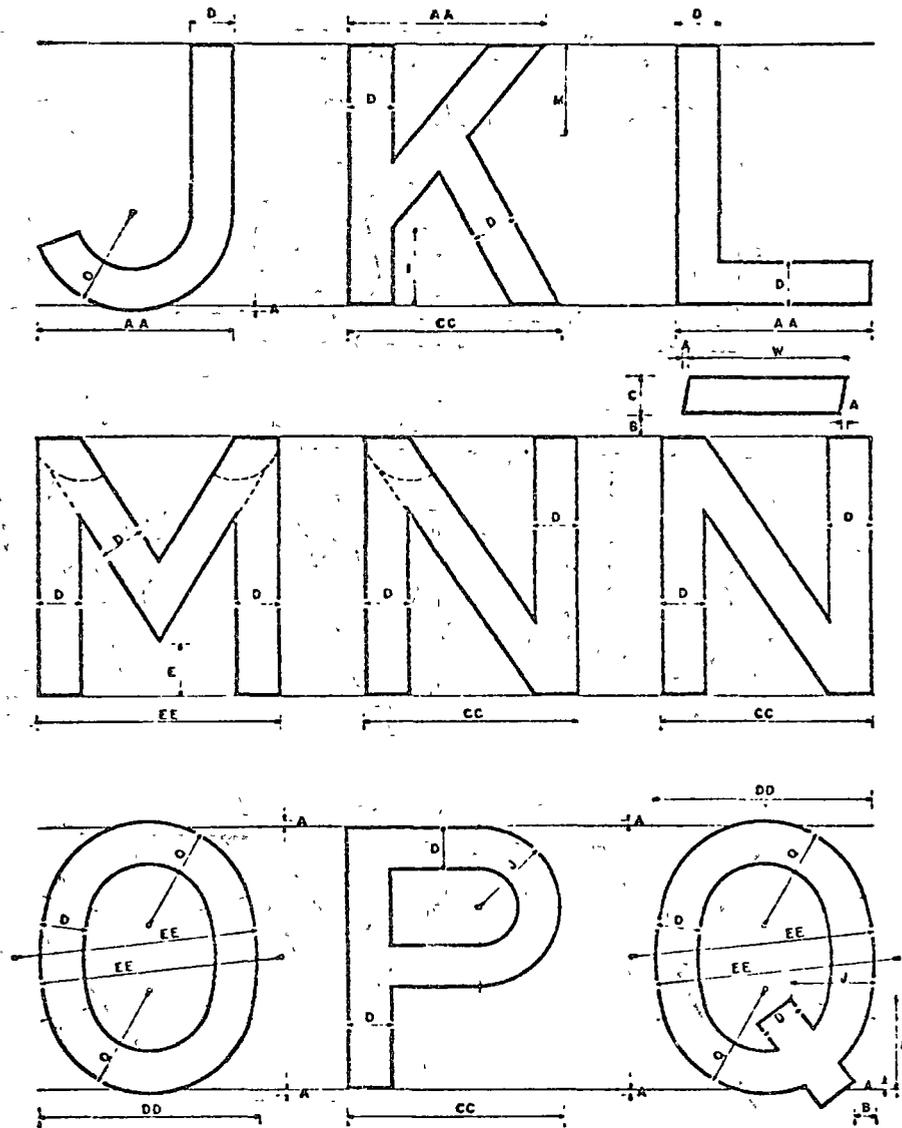
DIMENSIONES EN MILIMETROS

COMBINACIONES DE CLAVES PARA ESPACIAMIENTOS	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS									EJEMPLOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300		
I-I I-II	13	20	26	33	39	46	52	65	78	ME NO DE	HI JE 15
I-III II-II II-III	11	16	21	26	32	37	42	53	63	EL BO RA	MA GO 27
III-III NO PARA- LELAS	7	11	14	18	21	25	28	35	42	AJ ZA EX	LA CT 43
III-III PARA- LELAS	4	5	7	9	10	12	14	23	27	FA TA AY	VA LT 74

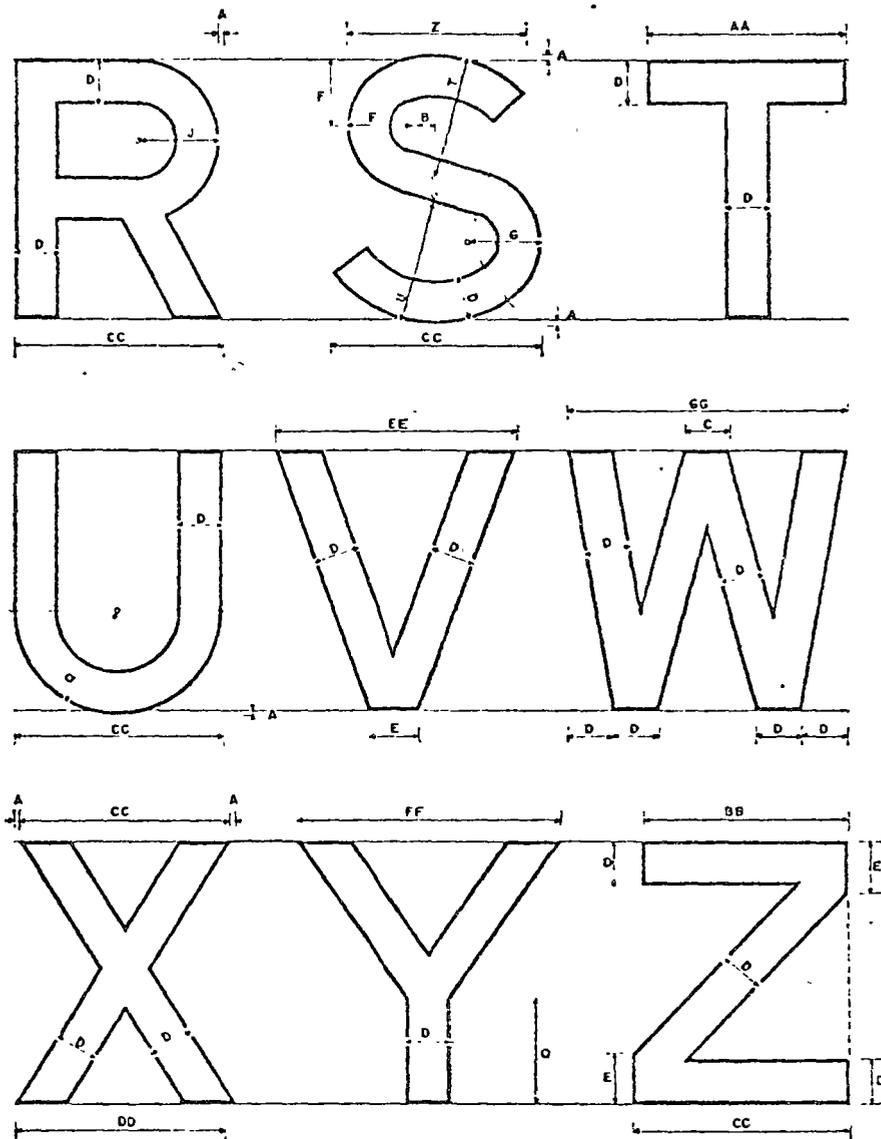
SERIE 1



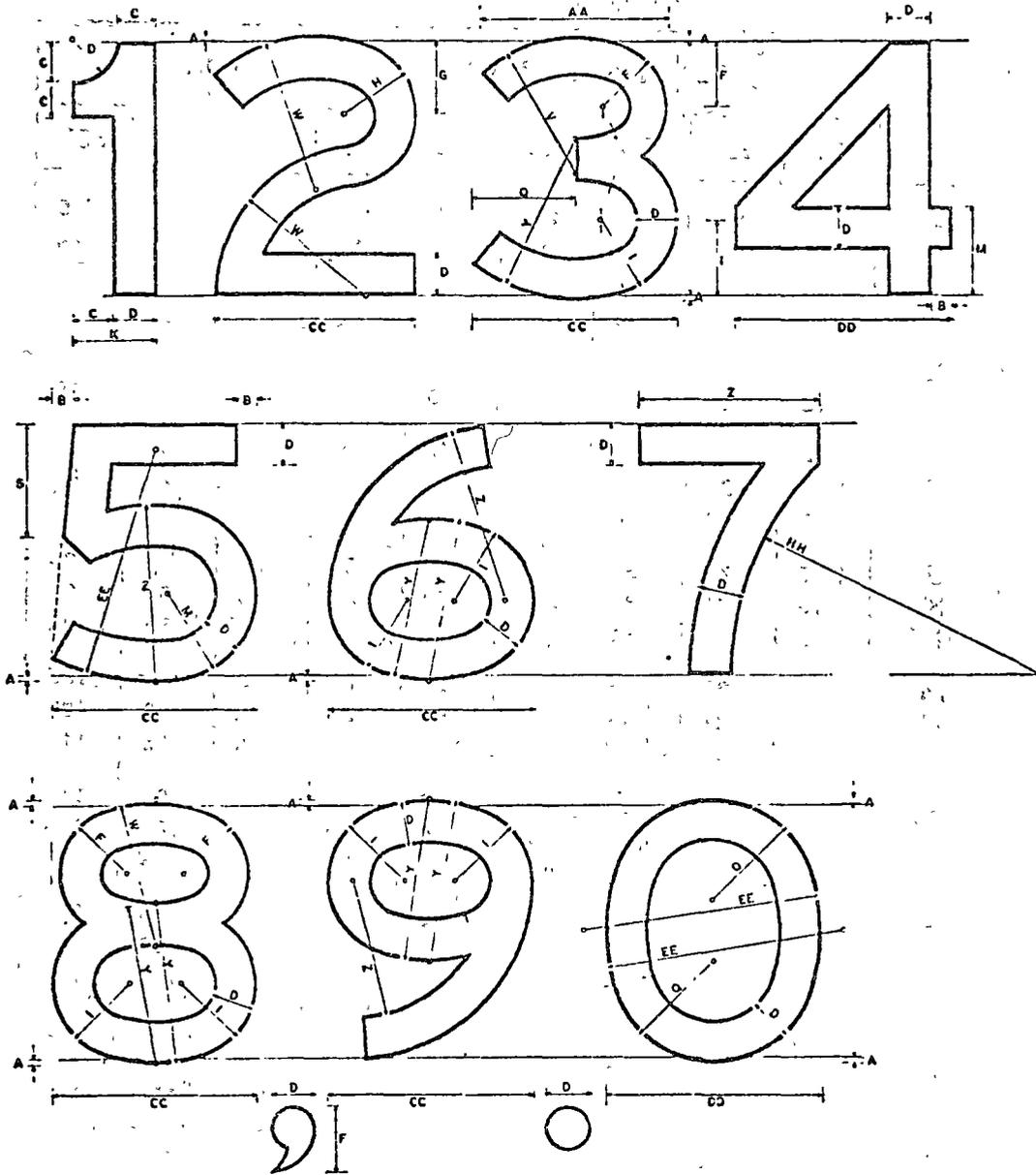
SERIE 1



SERIE 1



SERIE 1



SERIE 1
LETRAS MAYUSCULAS Y NUMEROS
 DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTACIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
A	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
B	4	6	8	10	12	14	16	20	24
C	7.5	11	15	19	23	26	30	38	45
D	9	13	17	22	26	30	34	43	51
E	10	15	20	25	30	35	40	50	60
F	13	20	26	33	39	46	52	65	78
G	14	21	28	35	42	49	56	70	84
H	14.5	22	29	36	44	51	58	73	87
I	15	23	30	38	45	53	60	75	90
J	15.5	23	31	39	47	54	62	78	93
K	16	24	32	40	48	56	64	80	96
L	17	25	34	43	51	59	68	85	102
M	17.5	26	35	44	53	61	70	88	105
N	18	27	36	45	54	63	72	90	108
O	19	28	38	48	57	66	76	95	114
P	19.5	29	39	49	59	68	78	98	117
Q	20	30	40	50	60	70	80	100	120
R	22	32	43	54	65	75	86	108	129
S	23	34	45	56	68	79	90	113	135
T	24	36	48	60	72	84	96	120	144
U	25	38	50	63	75	88	100	125	150
V	27	41	54	68	81	95	108	135	162
W	30	45	60	75	90	105	120	150	180
X	31	47	62	78	93	109	124	155	186
Y	32	48	64	80	96	112	128	160	192
Z	35	53	70	88	105	123	140	175	210

ACOTA- CIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
AA	37	56	74	93	111	130	148	185	220
BB	38	57	76	95	114	133	152	190	228
CC	40	60	80	100	120	140	160	200	240
DD	42	63	84	105	126	147	168	210	252
EE	46	69	92	115	138	161	184	230	276
FF	50	75	100	125	150	175	200	250	300
GG	53	78	105	131	158	184	210	263	315
HH	60	90	120	150	180	210	240	300	360

ANCHURA DE LETRAS MAYUSCULAS SERIE 2

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LAS LETRAS, ES IGUAL AL ANCHO
DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA	ALTURA DE LETRAS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
A	44	66	88	110	132	154	176	220	264	III	III
B	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	II
C	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	III
D	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	II
E	33	49	65	81	98	114	130	163	195	I	III
F	33	49	65	81	98	114	130	163	195	I	III
G	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	II
H	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	I
I	8	12	16	20	24	28	32	40	48	I	I
J	33	49	65	81	98	114	130	163	195	III	I
K	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	III
L	33	49	65	81	98	114	130	163	195	I	III
M	40	61	81	101	122	142	162	203	243	I	I
N	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	I
Ñ	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	I
O	37	56	74	92	111	130	148	185	222	II	II
P	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	III
Q	37	56	74	92	111	130	148	185	222	II	II
R	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	II
S	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	II
T	33	49	65	81	98	114	130	163	195	III	III
U	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	I
V	40	61	81	101	122	142	162	203	243	III	III
W	46	69	92	115	138	161	184	230	276	III	III
X	37	56	74	92	111	130	148	185	222	III	III
Y	44	66	88	110	132	154	176	220	264	III	III
Z	35	53	70	88	105	123	140	175	210	III	III

ANCHURA DE NUMEROS

SERIE 2

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LOS NUMEROS, ES IGUAL AL ANCHO DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

NUMERO	ALTURA DE NUMEROS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
1	15	23	30	38	45	53	60	75	90	I	I
2	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	II
3	35	53	70	88	105	123	140	175	210	III	II
4	37	56	74	92	111	130	148	185	222	III	III
5	35	53	70	88	105	123	140	175	210	I	II
6	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	II
7	30	45	60	75	90	105	120	150	180	III	III
8	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	II
9	35	53	70	88	105	123	140	175	210	II	II
0	37	56	74	92	111	130	148	185	222	II	II

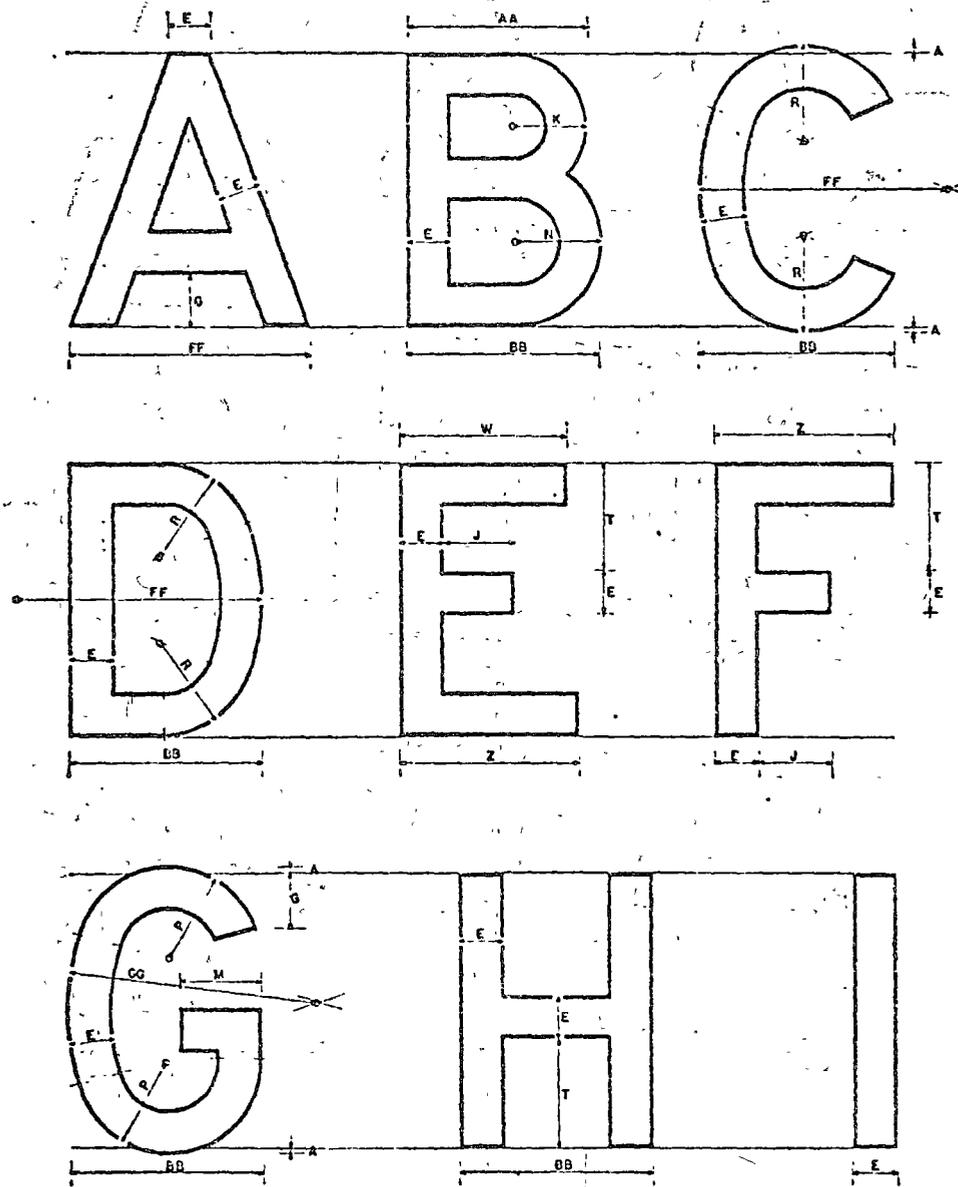
ESPACIAMIENTOS PARA MAYUSCULAS Y NUMEROS SERIE 2

EL ESPACIAMIENTO ES LA DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE LOS PUNTOS
MAS CERCANOS DE LAS LETRAS O DE LOS NUMEROS

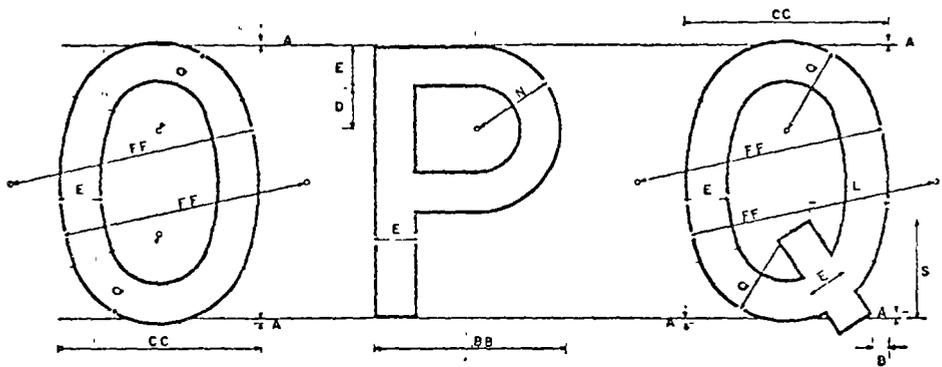
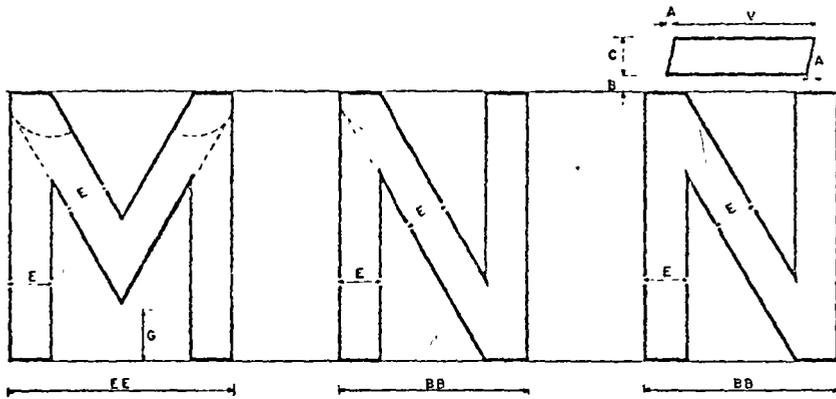
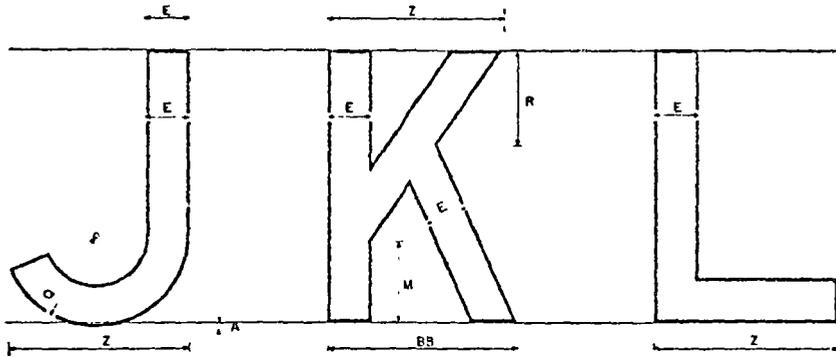
DIMENSIONES EN MILIMETROS

COMBINACIONES DE CLAVES PARA ESPACIAMIENTOS	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS									EJEMPLOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300		
I-I I-II	12	17	23	29	35	40	46	58	69	ME NO DE	HI JE 15
I-III II-II II-III	9	14	18	23	27	32	36	45	54	EL BO RA	MA GO 27
III-III NO PARA- LELAS	6	9	12	15	18	21	24	30	36	AJ ZA EX	LA CT 43
III-III PARA- LELAS	3	5	6	8	9	11	12	15	18	FA TA AY	VA LT 74

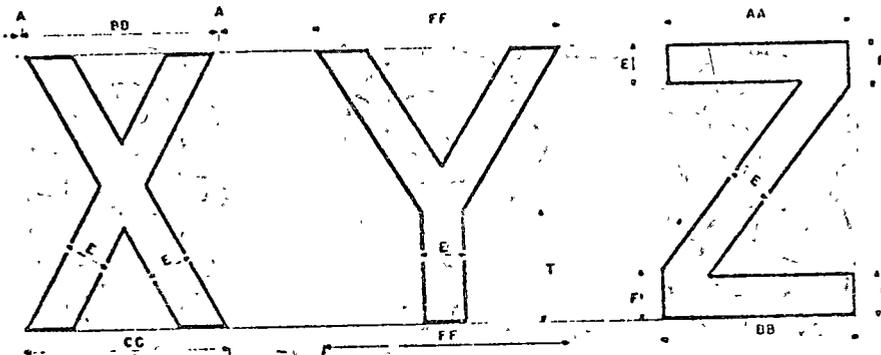
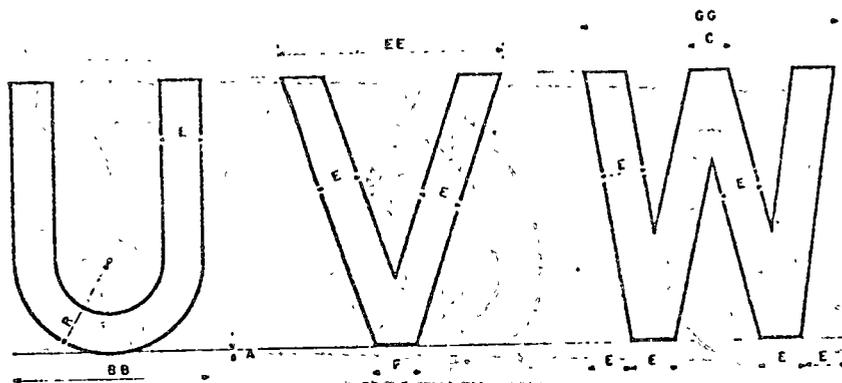
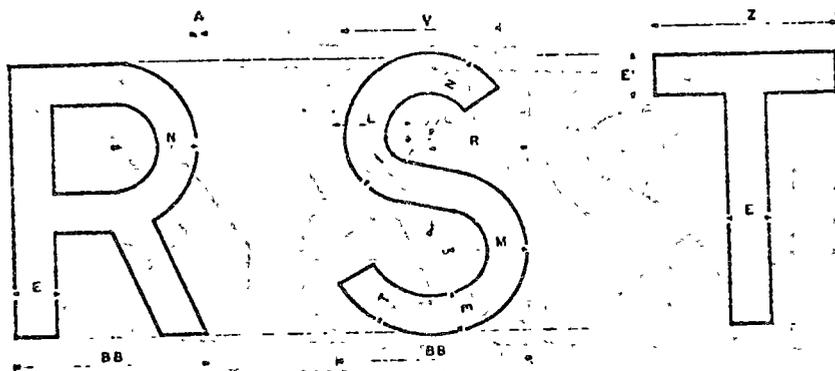
SERIE 2



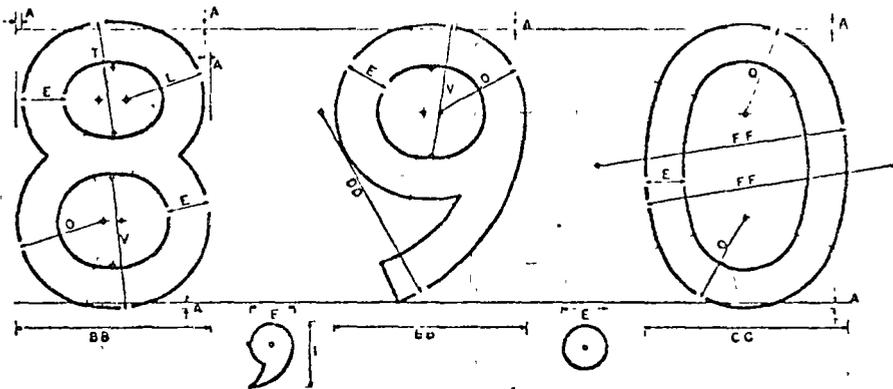
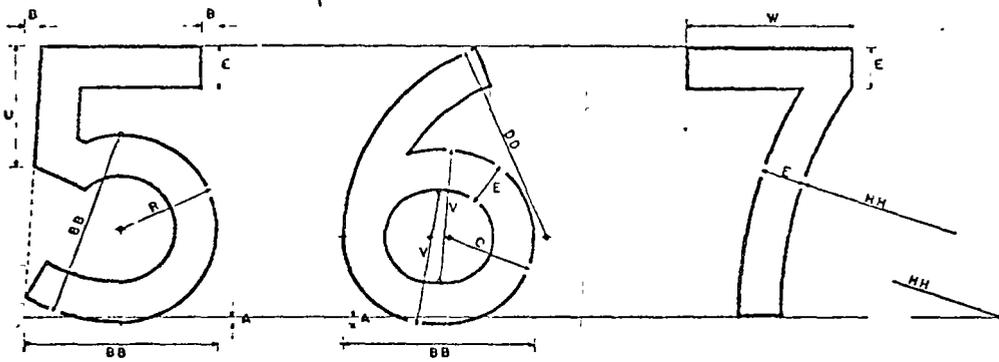
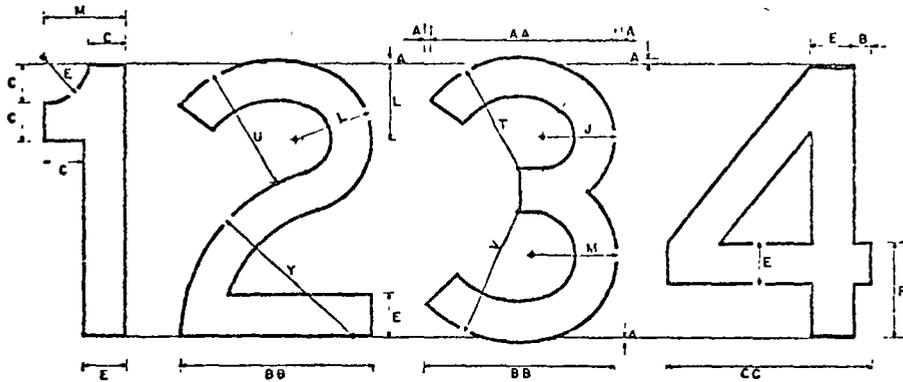
SERIE 2



SERIE 2



SERIE 2



SERIE 2
LETRAS MAYUSCULAS Y NUMEROS
 DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTA- CIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
A	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
B	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	15	18
C	7	11	14	17.5	21	25	28	35	42
D	7.5	11.5	15	19	23	26	30	38	45
E	8	12	16	20	24	28	32	40	48
F	9	13.5	18	23	27	32	36	45	54
G	10	15	20	25	30	35	40	50	60
H	11.5	17.5	23	29	35	40	46	58	69
I	12	18	24	30	36	42	48	60	72
J	13	20	26	33	39	46	52	65	78
K	13.5	21	27	34	41	48	54	68	81
L	14	21	28	35	42	49	56	70	84
M	15	22	30	38	45	52	60	75	90
N	15.5	23	31	39	47	54	62	78	93
O	16	24	32	40	48	56	64	80	96
P	16.5	25	33	41	50	58	66	83	99
Q	17	26	34	43	51	60	68	85	102
R	17.5	27	35	44	53	62	70	88	105
S	18	27	36	45	54	63	72	90	108
T	20	30	40	50	60	70	80	100	120
U	23	34	45	56	68	79	90	112	135
V	24	36	48	60	72	84	96	120	144
W	30	45	60	75	90	105	120	150	180
X	31	47	62	78	93	109	124	155	186
Y	32	48	63	79	95	111	126	158	189
Z	33	49	65	81	98	114	130	163	195

ACOTA- CIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
AA	33	50	66	83	99	116	132	165	198
BB	35	53	70	88	105	123	140	175	210
CC	37	56	74	92	111	130	148	185	222
DD	38	57	75	94	113	132	150	188	225
EE	40	61	81	101	122	142	162	203	243
FF	44	66	88	110	132	154	176	220	264
GG	46	69	92	115	138	161	184	230	276
HH	75	113	150	188	225	263	300	375	450

ANCHURA DE LETRAS MAYUSCULAS
SERIE 3

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LAS LETRAS, ES IGUAL AL ANCHO
DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA	ALTURA DE LETRAS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
A	38	56	75	94	113	131	150	188	225	III	III
B	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	II
C	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	III
D	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	II
E	28	42	56	70	84	98	112	140	168	I	III
F	28	42	56	70	84	98	112	140	168	I	III
G	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	II
H	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	I
I	8	11	15	19	23	26	30	38	45	I	I
J	28	42	56	70	84	98	112	140	168	III	I
K	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	III
L	28	42	56	70	84	98	112	140	168	I	III
M	35	52	69	86	104	121	138	173	207	I	I
N	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	I
N	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	I
O	32	47	63	79	95	110	126	158	189	II	II
P	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	III
Q	32	47	63	79	95	110	126	158	189	II	II
R	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	II
S	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	II
T	28	42	56	70	84	98	112	140	168	III	III
U	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	I
V	35	52	69	86	104	121	138	173	207	III	III
W	40	59	79	99	119	138	158	198	237	III	III
X	32	47	63	79	95	110	126	158	189	III	III
Y	38	56	75	94	113	131	150	188	225	III	III
Z	30	45	60	75	90	105	120	150	180	III	III

ANCHURA DE NUMEROS

SERIE 3

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LOS NUMEROS. ES IGUAL AL ANCHO
DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

NUMERO	ALTURA DE NUMEROS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
1	14	21	28	35	42	49	56	70	84	I	I
2	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	II
3	30	45	60	75	90	105	120	150	180	III	II
4	32	47	63	79	95	110	126	158	189	III	III
5	30	45	60	75	90	105	120	150	180	I	II
6	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	II
7	27	40	53	66	80	93	106	133	159	III	III
8	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	II
9	30	45	60	75	90	105	120	150	180	II	II
0	32	47	63	79	95	110	126	158	189	II	II

ESPACIAMIENTOS PARA MAYUSCULAS Y NUMEROS

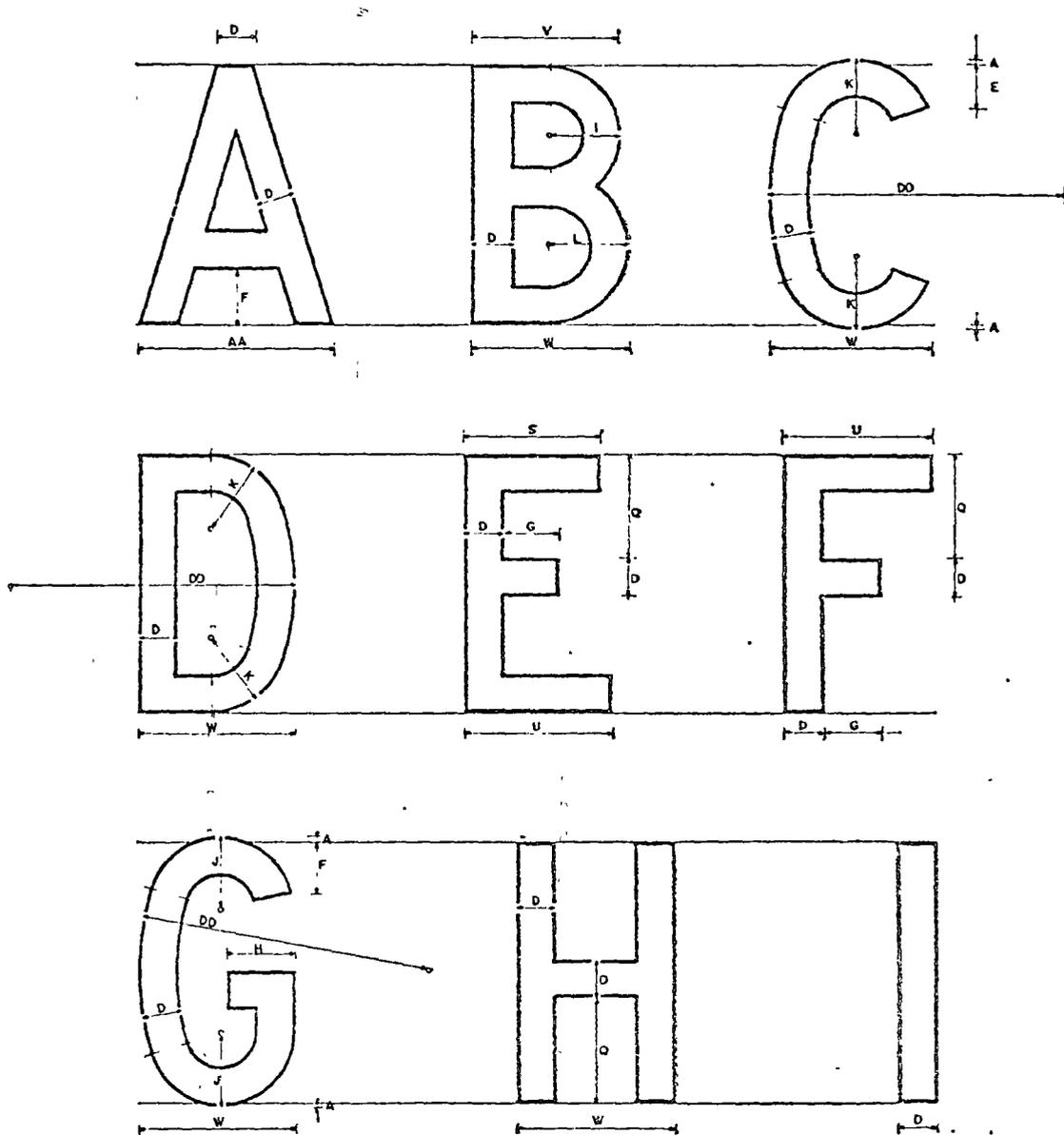
SERIE 3

EL ESPACIAMIENTO ES LA DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE LOS PUNTOS MAS CERCANOS DE LAS LETRAS O DE LOS NUMEROS

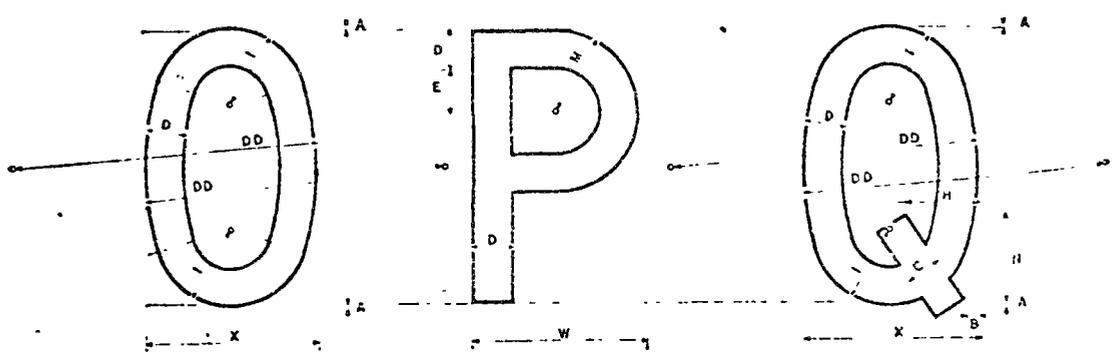
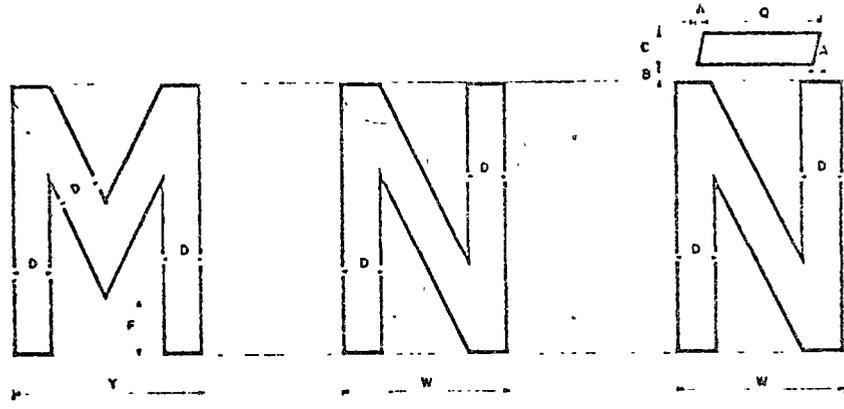
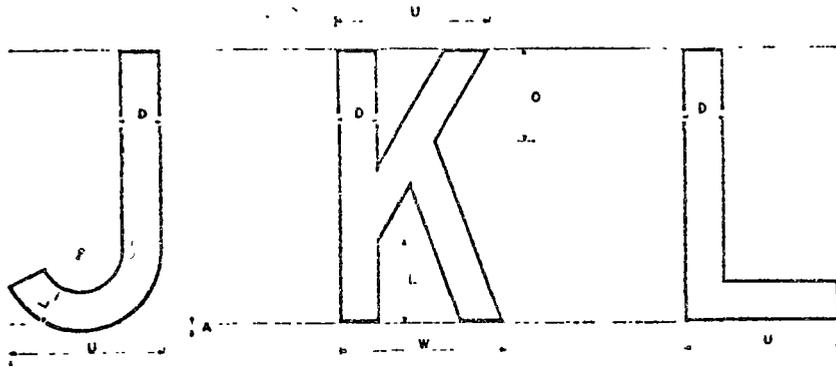
DIMENSIONES EN MILIMETROS

COMBINACIONES DE CLAVES PARA ESPACIAMIENTOS	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS									EJEMPLOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300		
I-I I-II	10	15	20	25	30	35	40	50	60	ME NO DE	HI JE 15
I-III II-II II-III	8	12	16	20	24	28	32	40	48	EL BO RA	MA GO 27
III-III NO PARA- LELAS	6	8	11	14	17	19	22	28	33	AJ ZA EX	LA CT 43
III-III PARA- LELAS	3	4	5	6	8	9	10	13	15	FA TA AY	VA LT 74

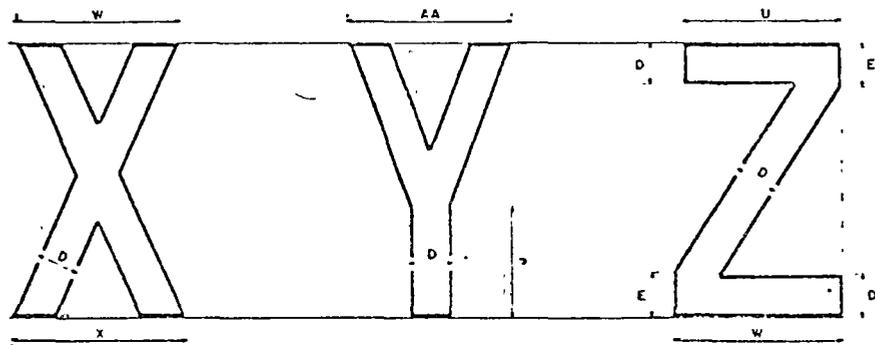
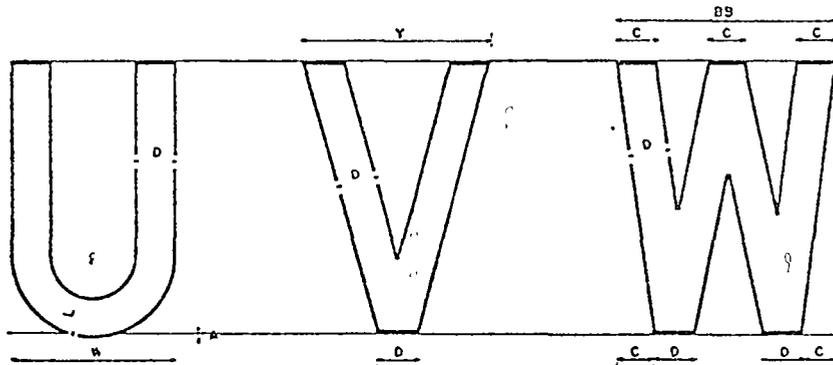
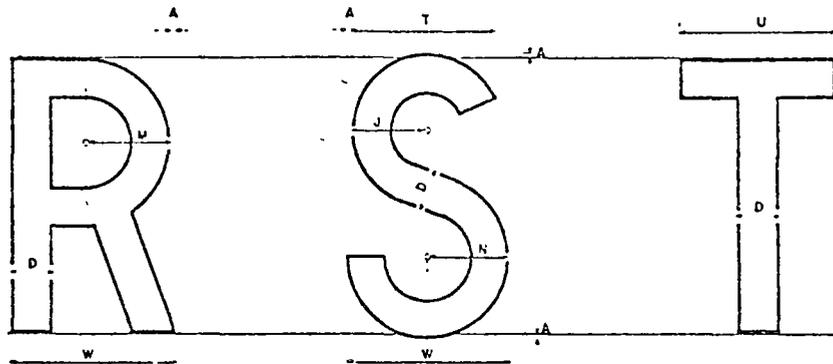
SERIE 3



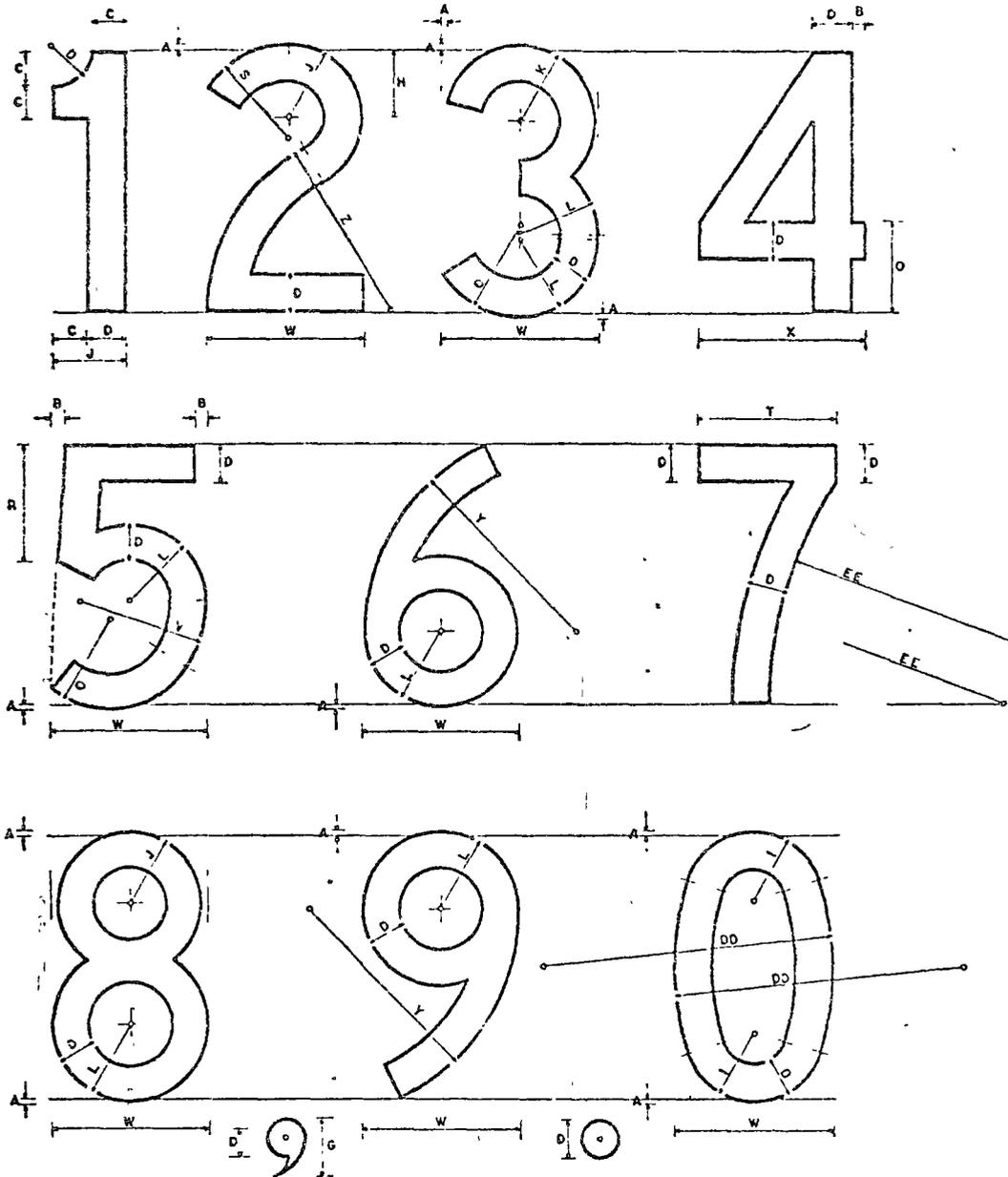
SERIE 3



SERIE 3



SERIE 3



SERIE 3

LETRAS MAYUSCULAS Y NUMEROS

DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTACIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
A	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
B	2.5	4	5	6	7.5	9	10	12.5	15
C	6.5	10	13	16.5	20	23	26	33	39
D	8	11	15	19	23	26	30	38	45
E	8	12	16	20	24	28	32	40	48
F	10	15	20	25	30	35	40	50	60
G	11	16.5	22	28	33	39	44	55	66
H	13	19.5	26	33	39	46	52	65	78
I	13.5	20	27	34	41	47	54	68	81
J	14	21	28	35	42	49	56	70	84
K	14.5	22	29	36	44	51	58	73	87
L	15	23	30	38	45	53	60	75	90
M	15.5	24	31	39	47	55	62	78	93
N	16	24	32	40	48	56	64	80	96
O	17.5	26	35	44	53	61	70	88	105
P	18	27	36	45	54	63	72	90	109
Q	20	30	40	50	60	70	80	100	120
R	23	34	45	56	68	79	90	112	135
S	26	39	52	65	78	91	104	130	156
T	27	40	53	66	80	93	106	133	159
U	28	42	56	70	84	98	112	140	168
V	29	43	57	71	86	100	114	143	171
W	30	45	60	75	90	105	120	150	180
X	32	47	63	79	95	110	126	158	189
Y	35	52	69	86	104	121	138	173	207
Z	35	53	70	88	105	123	140	175	210

ACOTACIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
AA	38	56	75	94	113	131	150	188	225
BB	40	59	79	99	119	138	158	198	237
CC	40	60	80	100	120	140	160	200	240
DD	55	83	110	138	165	193	220	275	330
EE	85	128	170	213	255	298	340	425	510

ANCHURA DE LETRAS MAYUSCULAS

SERIE 4

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LAS LETRAS, ES IGUAL AL ANCHO
DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA	ALTURA DE LETRAS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
A	32	47	63	79	95	110	126	158	189	III	III
B	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	II
C	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	III
D	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	II
E	24	35	47	59	71	82	94	118	141	I	III
F	24	35	47	59	71	82	94	118	141	I	III
G	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	II
H	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	I
I	7	10	13	16	20	23	26	33	39	I	I
J	24	35	47	59	71	82	94	118	141	III	I
K	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	III
L	24	35	47	59	71	82	94	118	141	I	III
M	29	44	58	73	87	102	116	145	174	I	I
N	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	I
Ñ	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	I
O	27	40	53	66	80	93	106	133	159	II	II
P	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	III
Q	27	40	53	66	80	93	106	133	159	II	II
R	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	II
S	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	II
T	24	35	47	59	71	82	94	118	141	III	III
U	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	I
V	29	44	58	73	87	102	116	145	174	III	III
W	33	50	66	83	99	116	132	165	198	III	III
X	27	40	53	66	80	93	106	133	159	III	III
Y	32	47	63	79	95	110	126	158	189	III	III
Z	25	38	50	63	75	88	100	125	150	III	III

ANCHURA DE NUMEROS

SERIE 4

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LOS NUMEROS ES IGUAL AL ANCHO DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

NUMERO	ALTURA DE NUMEROS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
1	12	18	24	30	36	42	48	60	72	I	I
2	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	II
3	25	38	50	63	75	88	100	125	150	III	II
4	27	40	53	66	80	93	106	133	159	III	III
5	25	38	50	63	75	88	100	125	150	I	II
6	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	II
7	22	33	44	55	66	77	88	110	132	III	III
8	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	II
9	25	38	50	63	75	88	100	125	150	II	II
0	27	40	53	66	80	93	106	133	159	II	II

ESPACIAMIENTOS PARA MAYUSCULAS Y NUMEROS

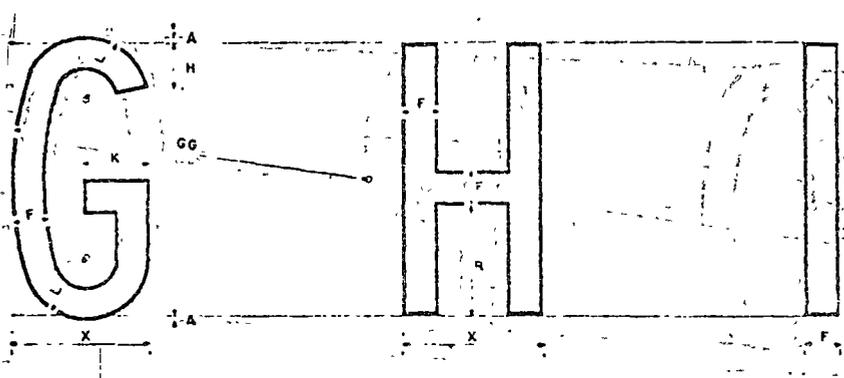
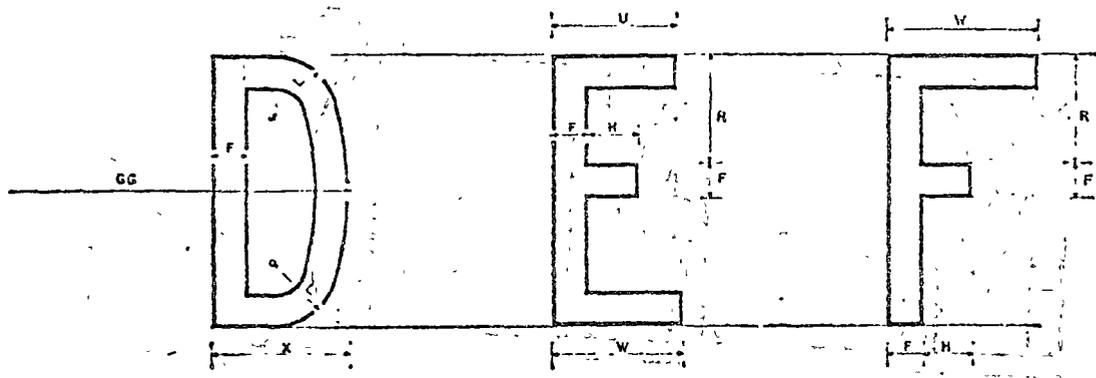
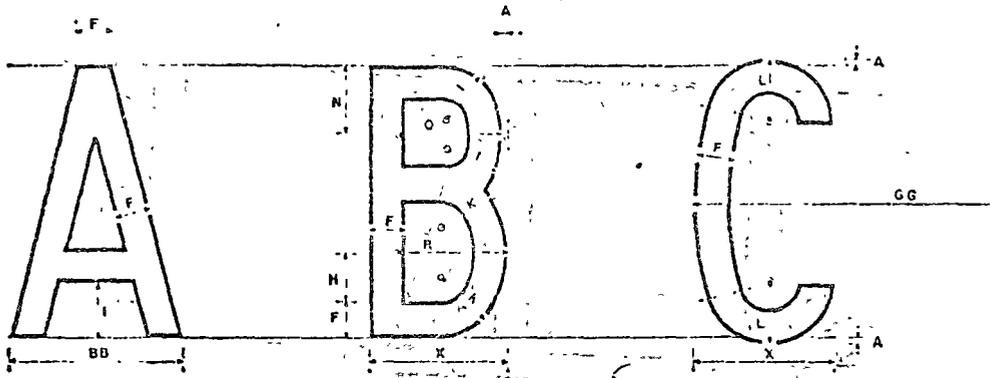
SERIE 4

EL ESPACIAMIENTO ES LA DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE LOS PUNTOS MAS CERCANOS DE LAS LETRAS O DE LOS NUMEROS

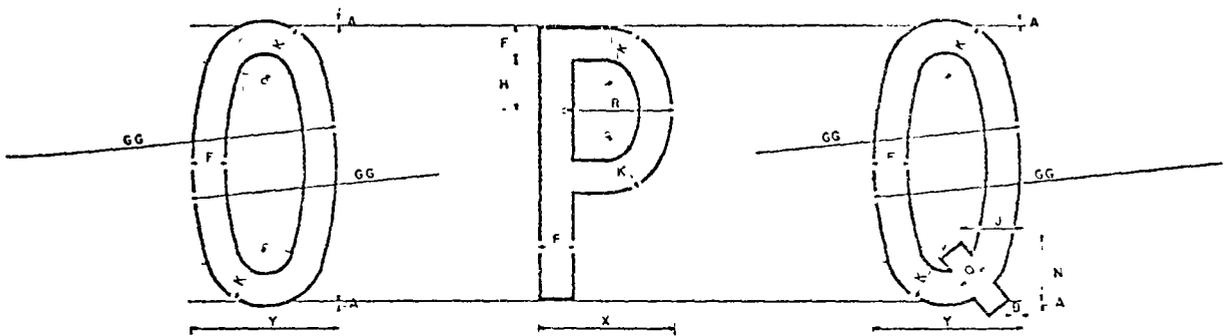
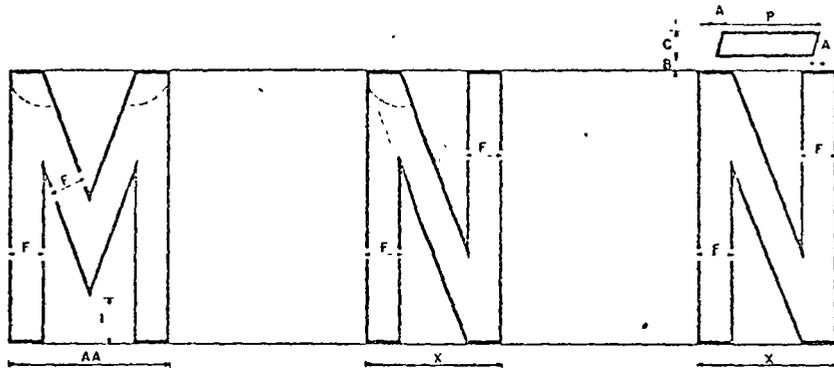
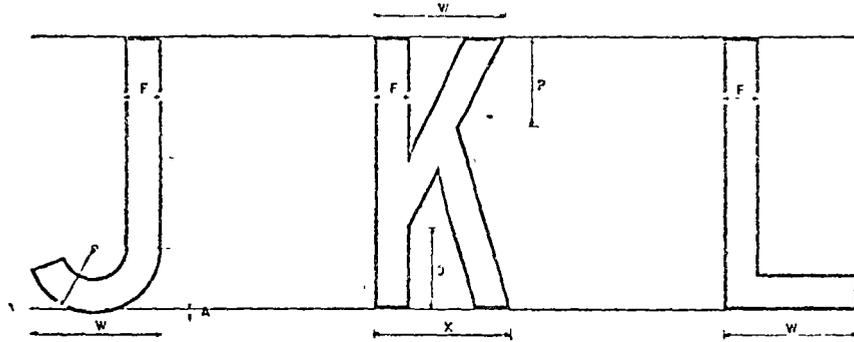
DIMENSIONES EN MILIMETROS

COMBINACIONES DE CLAVES PARA ESPACIAMIENTOS	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS									EJEMPLOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300		
I-I I-II	8	12	16	20	24	28	32	40	48	ME NO DE	HI JE 15
I-III II-II II-III	7	10	13	16	20	23	26	33	39	EL BO RA	MA GO 27
III-III NO PARA- LELAS	5	7	9	11	14	16	18	23	27	AJ ZA EX	LA CT 43
III-III PARA- LELAS	2	3	4	5	6	7	8	10	12	FA TA AY	VA LT 74

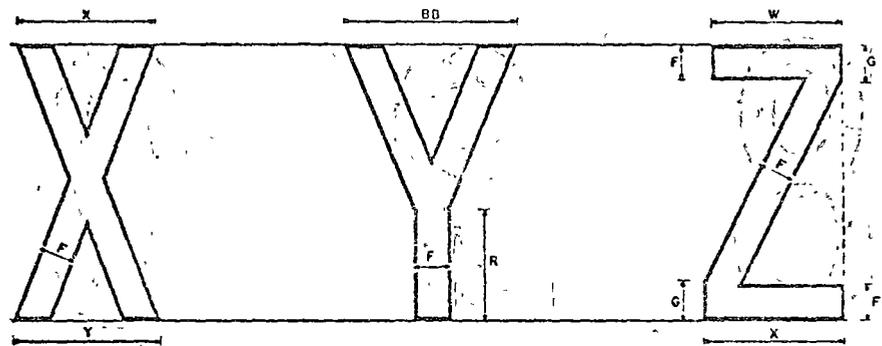
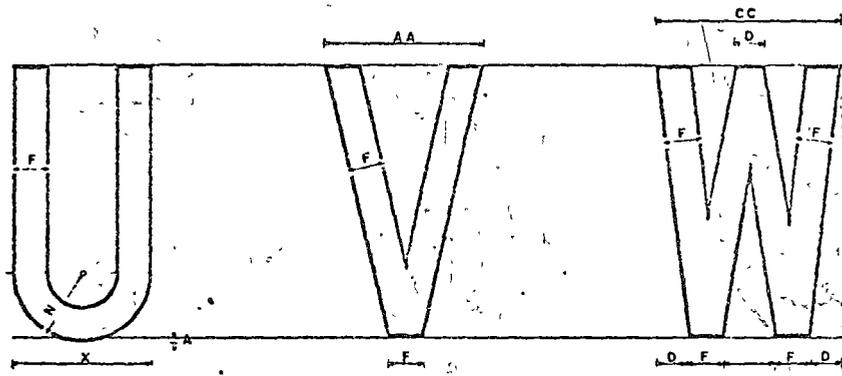
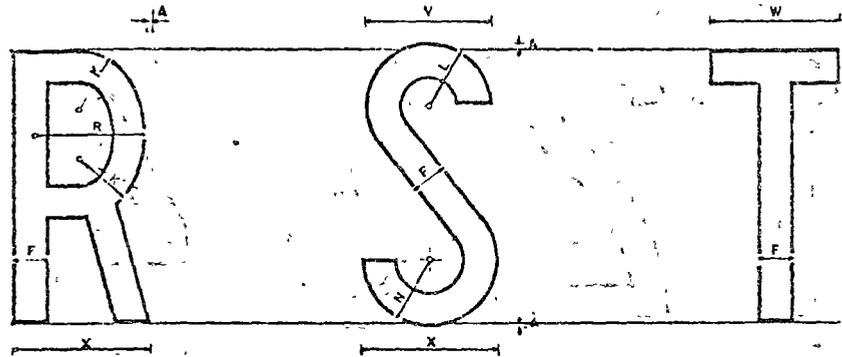
SERIE 4



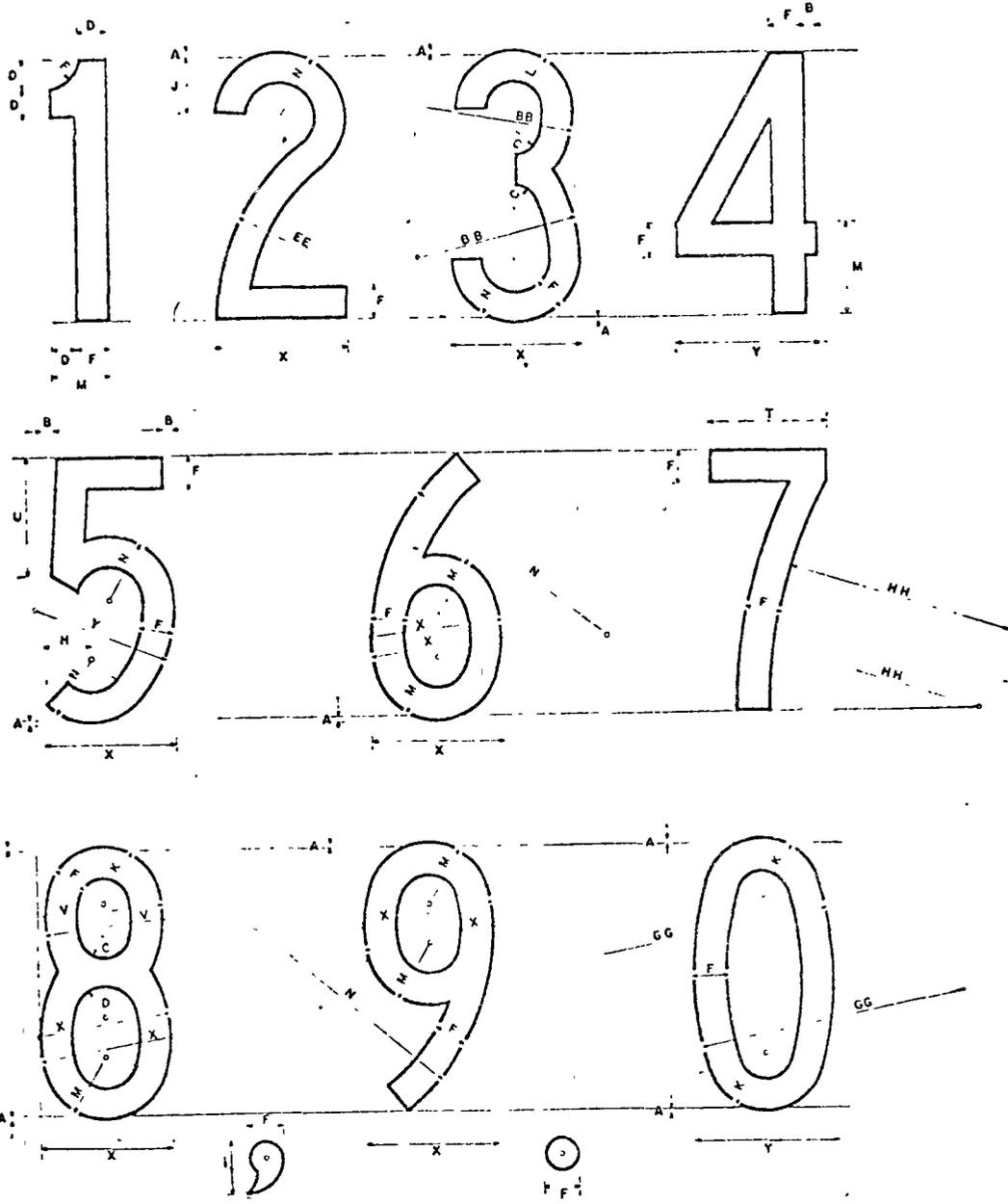
SERIE 4



SERIE 4



SERIE 4



SERIE 4
LETRAS MAYUSCULAS Y NUMEROS

DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTACIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
A	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
B	2	3	4	5	6	7	8	10	12
C	4.5	7	9	11.5	13.5	16	18	23	27
D	5.5	8	11	14	16.5	19	22	28	33
E	6	9	12	15	18	21	24	30	36
F	7	10	13	16	20	23	26	33	39
G	7	10.5	14	17.5	21	25	28	35	42
H	9	13.5	18	23	27	32	36	45	54
I	10	15	20	25	30	35	40	50	60
J	10.5	16	21	26	32	37	42	53	63
K	11	16.5	22	28	33	39	44	55	66
L	11.5	17.5	23	29	35	40	46	58	69
M	12	18	24	30	36	42	48	60	72
N	12.5	19	25	31	38	44	50	63	75
O	14	21	28	35	42	49	56	70	84
P	17.5	26	35	44	53	61	70	88	105
Q	19	29	38	48	57	67	76	95	114
R	20	30	40	50	60	70	80	100	120
S	21	32	43	54	65	75	86	108	129
T	22	33	44	55	66	77	88	110	132
U	23	34	45	56	68	79	90	112	155
V	23	35	46	58	69	81	92	115	133
W	24	35	47	59	71	82	94	118	141
X	25	38	50	63	75	88	100	125	150
Y	27	40	53	66	80	93	106	133	159
Z	28	41	55	69	83	96	110	138	165

ACOTACIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
AA	29	44	58	73	87	102	116	145	174
BB	32	47	63	79	95	110	126	158	189
CC	33	50	66	83	99	116	132	165	198
DD	36	53	71	89	107	124	142	178	213
EE	43	65	86	108	129	151	172	215	258
FF	45	68	90	113	135	158	180	225	270
GG	65	98	130	163	195	228	260	325	390
HH	98	146	195	244	293	341	390	488	585

ANCHURA DE LETRAS MAYUSCULAS

SERIE 5

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LAS LETRAS, ES IGUAL AL ANCHO DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA	ALTURA DE LETRAS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
A	25	38	50	63	75	88	100	125	150	III	III
B	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	II
C	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	III
D	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	II
E	19	28	37	46	56	65	74	93	110	I	III
F	19	28	37	46	56	65	74	93	110	I	III
G	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	II
H	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	I
I	6	9	12	15	18	21	24	30	36	I	I
J	19	28	37	46	56	65	74	93	110	III	I
K	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	III
L	19	28	37	46	56	65	74	93	110	I	III
M	23	35	46	58	69	81	92	115	138	I	I
N	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	I
Ñ	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	I
O	21	32	42	53	63	74	84	105	126	II	II
P	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	III
Q	21	32	42	53	63	74	84	105	126	II	II
R	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	II
S	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	II
T	19	28	37	46	56	65	74	93	110	III	III
U	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	I
V	23	35	46	58	69	81	92	115	138	III	III
W	27	40	53	66	79	92	105	132	158	III	III
X	21	32	42	53	63	74	84	105	126	III	III
Y	25	38	50	63	75	88	100	125	150	III	III
Z	20	30	40	50	60	70	80	100	120	III	III

ANCHURA DE NUMEROS

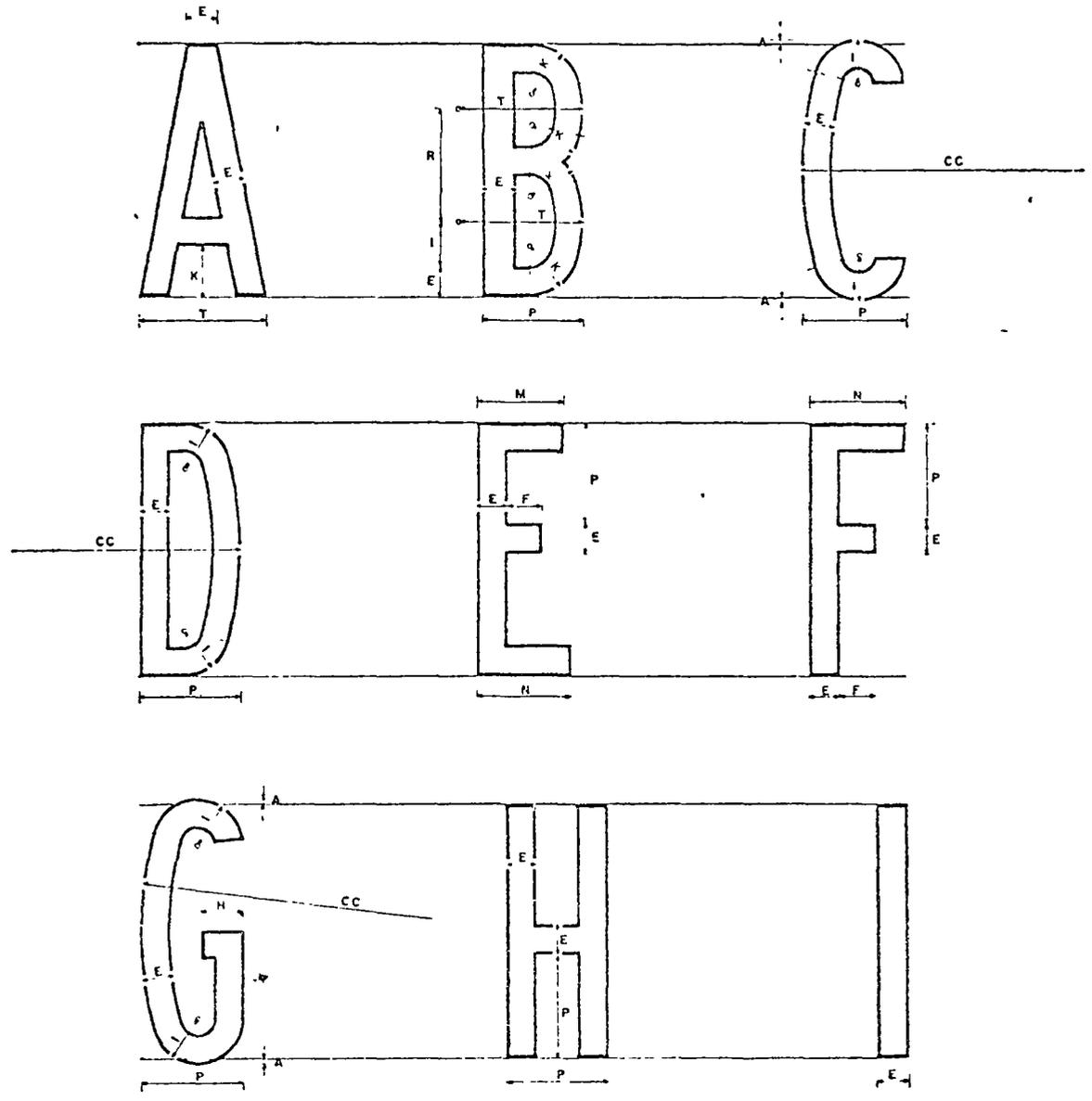
SERIE 5.

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LOS NUMEROS, ES IGUAL AL ANCHO DE LA LETRA I

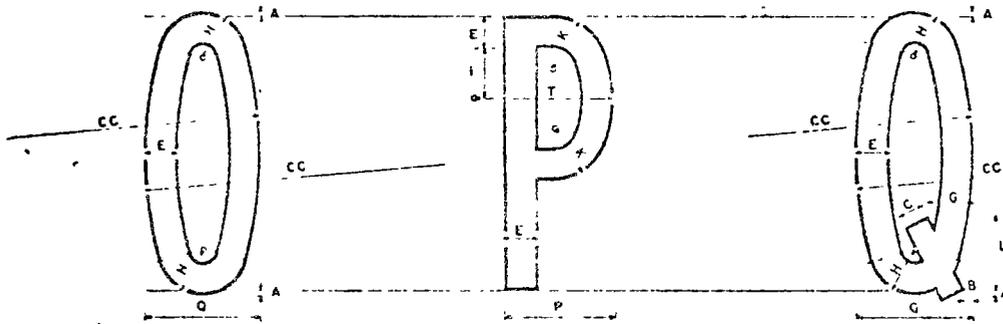
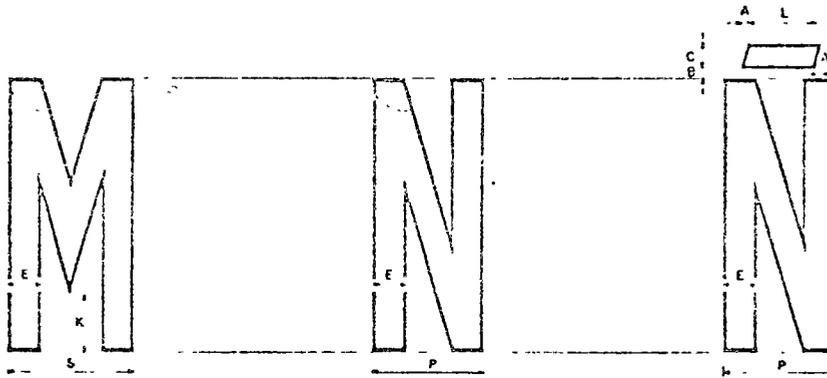
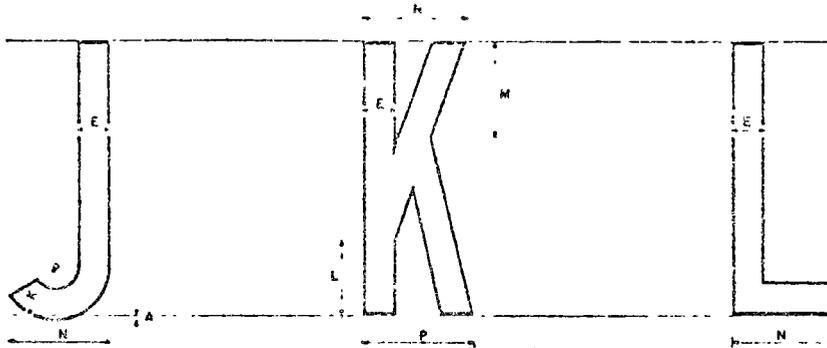
DIMENSIONES EN MILIMETROS

NUMERO	ALTURA DE NUMEROS									CLAVE DE ESPACIOS	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	IZQ.	DER.
1	12	18	23	29	35	41	46	58	69	I	I
2	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	II
3	20	30	40	50	60	70	80	100	120	III	II
4	21	32	42	53	63	74	84	105	126	III	III
5	20	30	40	50	60	70	80	100	120	I	II
6	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	II
7	18	26	35	44	53	62	70	88	105	III	III
8	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	II
9	20	30	40	50	60	70	80	100	120	II	II
0	21	32	42	53	63	74	84	105	126	II	II

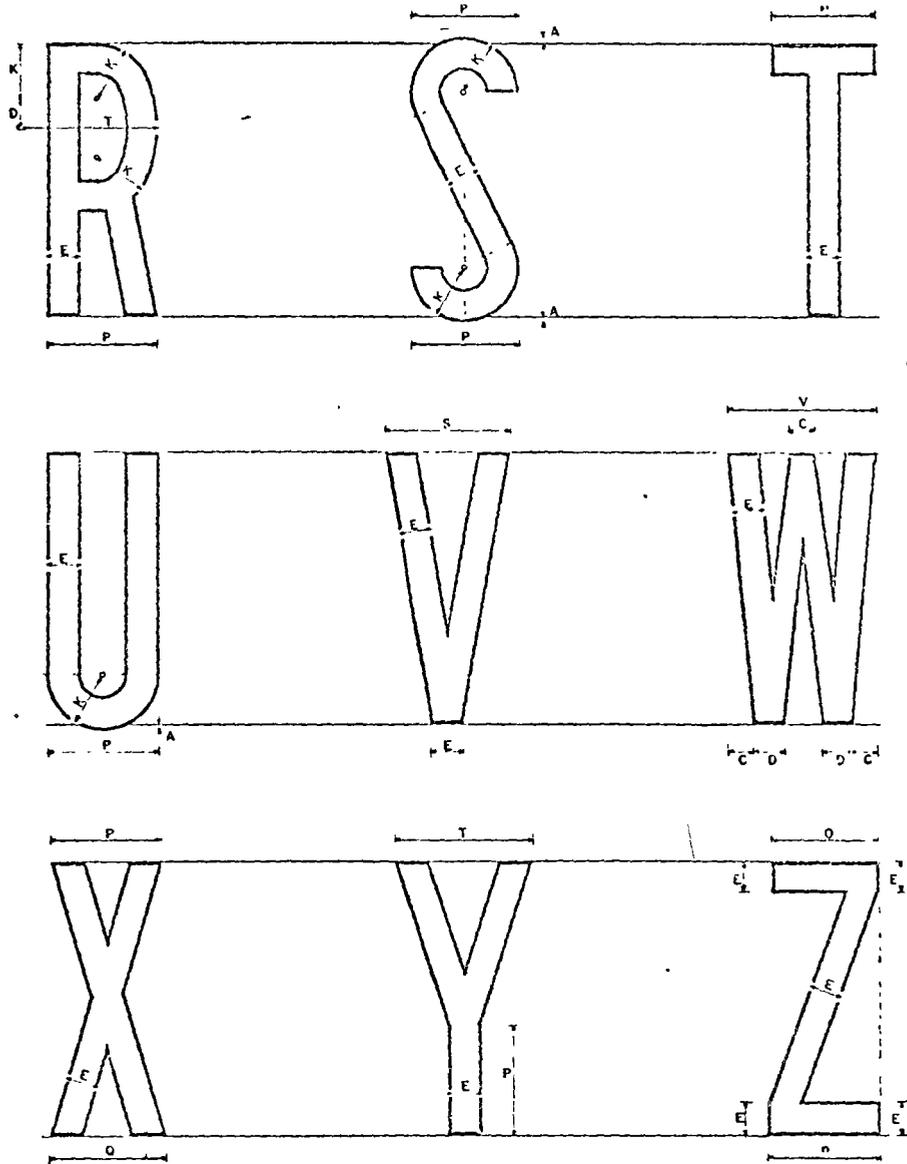
SERIE 5



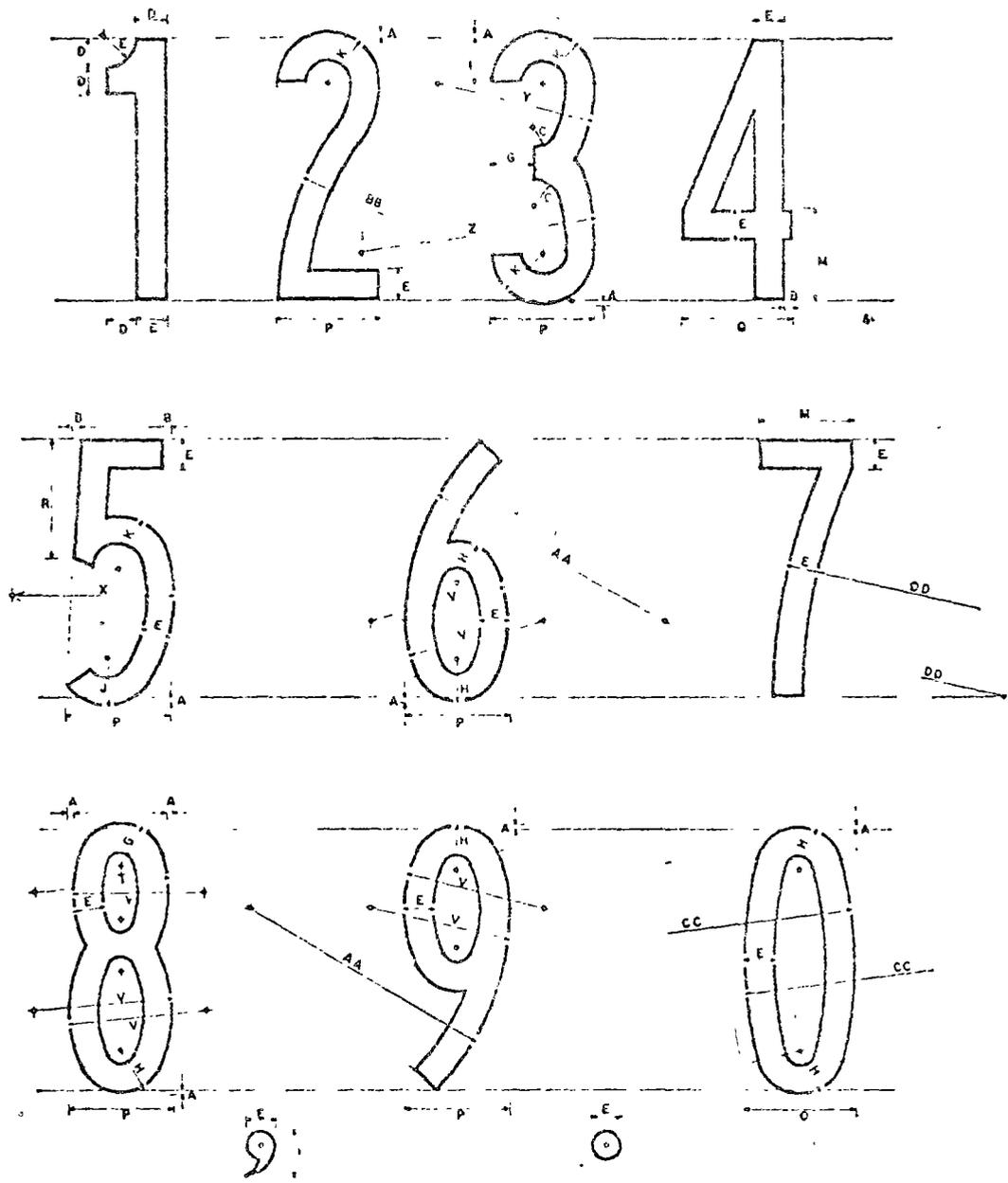
SERIE 5



SERIE 5



SERIE 5



SERIE 5
LETRAS MAYUSCULAS Y NUMEROS
 DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTA- CIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
A	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
B	1.5	2	3	4	4.5	5	6	7.5	9
C	4.5	7	9	11.5	13.5	16	18	23	27
D	6	9	11	14	17	20	22	28	33
E	6	9	12	15	18	21	24	30	36
F	7	10.5	14	18	21	25	28	35	42
G	8	12	16	20	24	28	32	40	48
H	8.5	13	17	21	26	30	34	43	51
I	9	13.5	18	22	27	32	36	45	54
J	9.5	14	18.5	23	28	33	37	46	56
K	10	15	20	25	30	35	40	50	60
L	13.5	20	27	34	41	47	54	68	81
M	18	26	35	44	53	62	70	88	105
N	19	28	37	46	56	65	74	93	110
O	19	29	38	48	57	67	76	95	114
P	20	30	40	50	60	70	80	100	120
Q	21	32	42	53	63	74	84	105	126
R	22	34	45	56	68	79	90	112	135
S	23	35	46	58	69	81	92	115	138
T	25	38	50	63	75	88	100	125	150
U	26	39	52	65	79	91	104	130	155
V	27	40	53	66	79	92	105	132	158
W	29	44	58	73	87	102	116	145	174
X	30	45	60	75	90	105	120	150	180
Y	40	60	80	100	120	140	160	200	240
Z	45	68	90	113	135	158	180	225	270

ACOTA- CIONES	ALTURA DE LETRAS Y NUMEROS								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
AA	50	75	100	125	150	175	200	250	300
BB	57	86	114	143	171	200	228	285	342
CC	75	113	150	188	225	263	300	375	450
DD	165	173	230	288	345	403	460	575	690

ANCHURA DE LETRAS MINUSCULAS

EL GRUESO DEL RASGO PARA TRAZAR LAS LETRAS, ES IGUAL AL ANCHO DE LA LETRA I

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA	Alturas de las letras mayúsculas iniciales correspondientes a las minúsculas								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
a	30	45	60	75	90	105	120	150	180
b	30	45	60	75	90	105	120	150	180
c	31	47	62	78	93	109	124	155	186
d	30	45	60	75	90	105	120	150	180
e	31	47	62	78	93	109	124	155	186
f	19	29	38	48	57	67	76	95	114
g	30	45	60	75	90	105	120	150	180
h	30	45	60	75	90	105	120	150	180
i	9	13	17	21	26	30	34	43	51
j	19	29	38	48	57	67	76	95	114
k	30	45	60	75	90	105	120	150	180
l	9	13	17	21	26	30	34	43	51
m	52	77	103	129	155	180	206	258	309
n	30	45	60	75	90	105	120	150	180
ñ	30	45	60	75	90	105	120	150	180
o	31	47	62	78	93	109	124	155	186
p	30	45	60	75	90	105	120	150	180
q	30	45	60	75	90	105	120	150	180
r	25	38	50	63	75	88	100	125	150
s	30	45	60	75	90	105	120	150	180
t	25	38	50	63	75	88	100	125	150
u	30	45	60	75	90	105	120	150	180
v	35	53	70	88	105	123	140	175	210
w	45	68	90	113	135	158	180	225	270
x	38	57	76	95	114	133	152	190	228
y	38	57	76	95	114	133	152	190	228
z	31	47	62	78	93	109	124	155	186

NOTA. SE RECOMIENDA QUE LAS MAYUSCULAS Y LOS NUMEROS SEAN DE LA SERIE 1, CUYOS RASGOS TIENEN LA MISMA ANCHURA

ESPACIAMIENTOS ENTRE MAYUSCULA INICIAL Y MINUSCULA Y ENTRE MINUSCULAS

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA PRECEDENTE	ALTURA DE LAS LETRAS MAYUSCULAS INICIALES								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
	LETRA SIGUIENTE: a c d e g o q								
APSWX	8	12	16	20	24	28	32	40	48
BCDEGOQR	9	14	18	23	27	32	36	45	54
FY	5	7	9	11	14	16	18	23	27
HIJMNÑUZ	12	17	23	29	35	40	46	58	69
KLTV	7	10	13	16	20	23	26	33	39
a d g h i j l m n ñ q u	11	16	21	26	32	37	42	53	63
b c e f k o p s t x z	8	11	15	19	23	26	30	38	45
r	5	8	10	13	15	18	20	25	30
v w y	7	10	13	16	20	23	26	33	39
	LETRA SIGUIENTE: b h i k l m n ñ p r u								
APSWX	10	14	19	24	29	33	38	48	57
BCDEGOQR	12	17	23	29	35	40	46	58	69
FY	9	13	17	21	26	30	34	43	51
HIJMNÑUZ	13	20	26	33	39	46	52	65	78
KLTV	10	15	20	25	30	35	40	50	60
a d g h i j l m n ñ q u	13	20	26	33	39	46	52	65	78
b c e f k o p s t x z	11	16	21	26	32	37	42	53	63
r	8	12	16	20	24	28	32	40	48
v w y	10	14	19	24	29	33	38	48	57

ESPACIAMIENTOS ENTRE MAYUSCULA INICIAL Y MINUSCULA Y ENTRE MINUSCULAS

DIMENSIONES EN MILIMETROS

LETRA PRECEDENTE	ALTURA DE LAS LETRAS MAYUSCULAS INICIALES								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
APSWX BCDEGOQR FY HIJMNÑUZ KLTV a d g h i j l m n ñ q u b c e f k o p s t x z r v w y	LETRA SIGUIENTE: f s t v w x y								
	7	11	14	18	21	25	28	35	42
	8	12	16	20	24	28	32	40	48
	5	7	9	12	14	16	18	23	27
	11	16	21	26	32	37	42	53	63
	7	10	13	16	20	23	26	33	39
	10	14	19	24	29	33	38	48	57
	7	11	14	18	21	25	28	35	42
	5	7	9	11	14	16	18	23	27
	6	9	12	15	18	21	24	30	36
APSWX BCDEGOQR FY HIJMNÑUZ KLTV a d g h i j l m n ñ q u b c e f k o p s t x z r v w y	LETRA SIGUIENTE: j								
	5	7	9	11	14	16	18	23	27
	6	9	12	15	18	21	24	30	36
	4	6	8	10	12	14	16	20	24
	9	13	17	21	26	30	34	43	51
	5	7	9	11	14	16	18	23	27
	8	11	15	19	23	26	30	38	45
	5	7	9	11	14	16	18	23	27
	2	3	4	5	6	7	8	10	12
	4	5	7	9	11	12	14	18	21

ESPACIAMIENTOS ENTRE MAYUSCULA INICIAL Y MINUSCULA
Y ENTRE MINUSCULAS

DIMENSIONES EN MILIMETROS

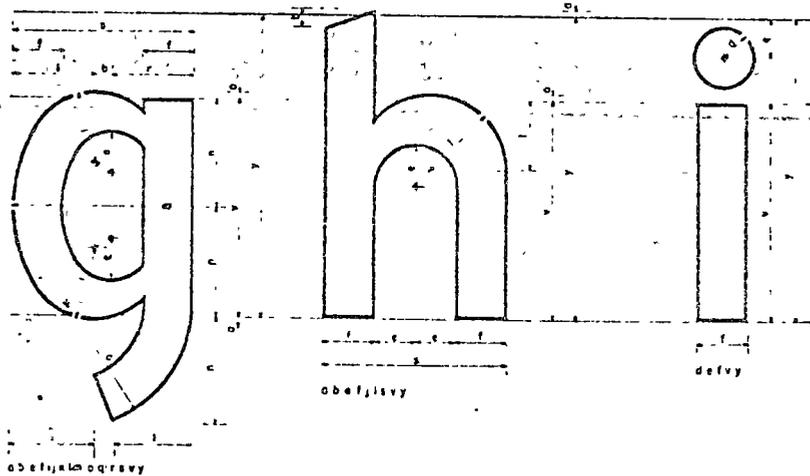
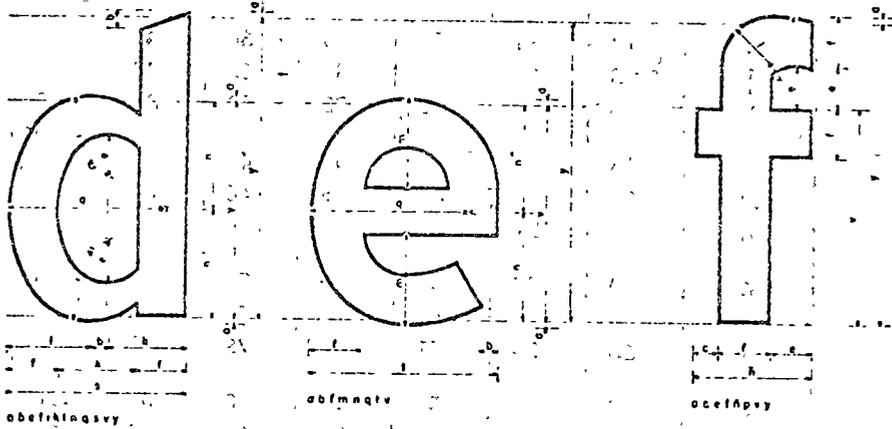
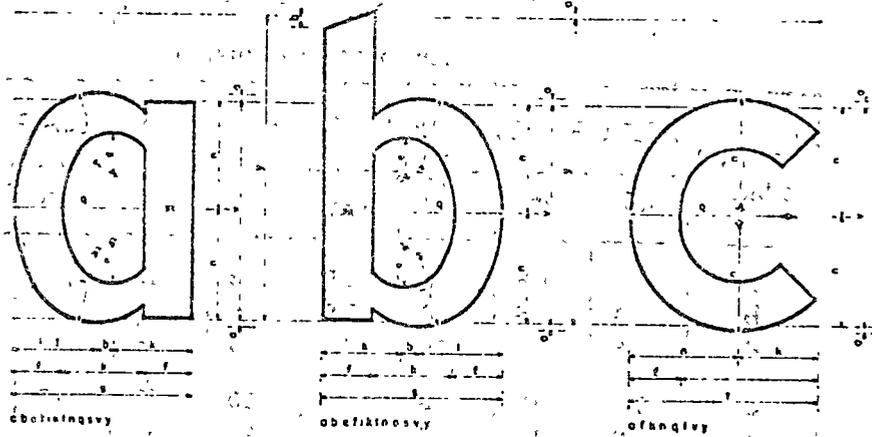
LETRA PRECEDENTE	ALTURA DE LAS LETRAS MAYUSCULAS INICIALES								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
	LETRA SIGUIENTE: z								
A P S W X	8	12	16	20	24	28	32	40	48
B C D E G O Q R	10	14	19	24	30	33	38	48	57
F Y	7	10	13	16	20	23	26	33	39
H I J M N Ñ U Z	12	17	23	29	35	40	46	58	69
K L T V	8	11	15	19	23	26	30	38	45
a d g h i j l m n ñ q u	11	16	21	26	32	37	42	53	63
b c e f k o p s t x z	8	11	15	19	23	26	30	38	45
r	6	8	11	14	17	19	22	28	33
v w y	7	11	14	18	21	25	28	35	42

DIMENSIONES DE LAS LETRAS MINUSCULAS

a, b, c, d, e, f, g, h, i

DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTACIONES	ALTURA DE LAS LETRAS MAYUSCULAS INICIALES								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
a	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
b	3	4.5	6	7.5	9	11	12	15	18
c	4	6	8	10	12	14	16	20	24
d	5	7.5	10	13	15	18	20	25	30
e	6.5	10	13	16	20	23	26	33	39
f	9	13	17	22	26	30	34	43	51
i	12	18	24	30	36	42	48	60	72
j	12.5	19	25	31	38	44	50	63	75
k	13	20	26	33	39	46	52	65	78
l	14	21	28	35	42	49	56	70	84
m	15	23	30	38	45	53	60	75	90
n	18	27	36	45	54	63	72	90	108
ñ	19	29	38	48	57	67	76	95	114
o	21	32	42	53	63	74	84	105	126
p	25	38	50	63	75	88	100	125	150
q	26	39	52	65	78	91	104	130	156
r	27	40	53	66	80	93	106	133	159
s	30	45	60	75	90	105	120	150	180
t	31	47	62	78	93	109	124	155	186
v	36	54	72	90	108	126	144	180	216
y	50	75	100	125	150	175	200	250	300

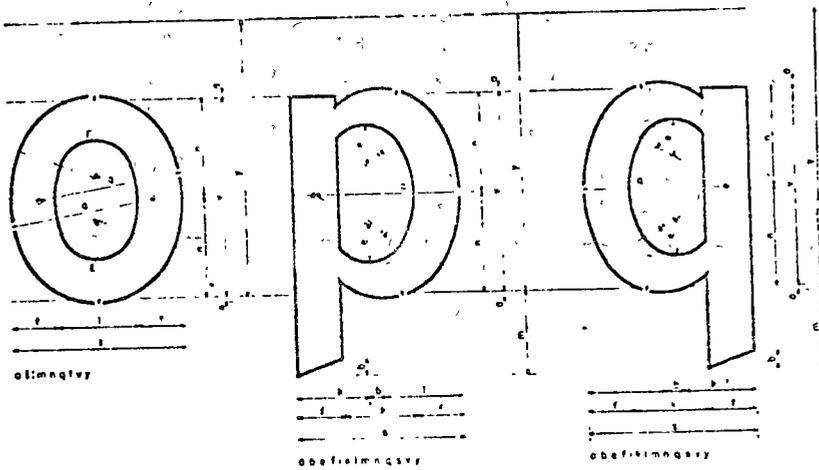
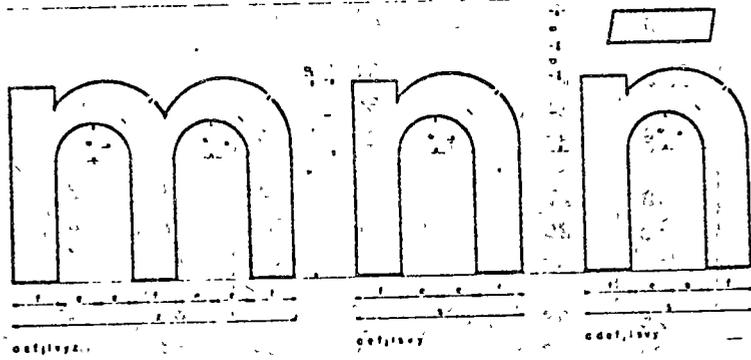
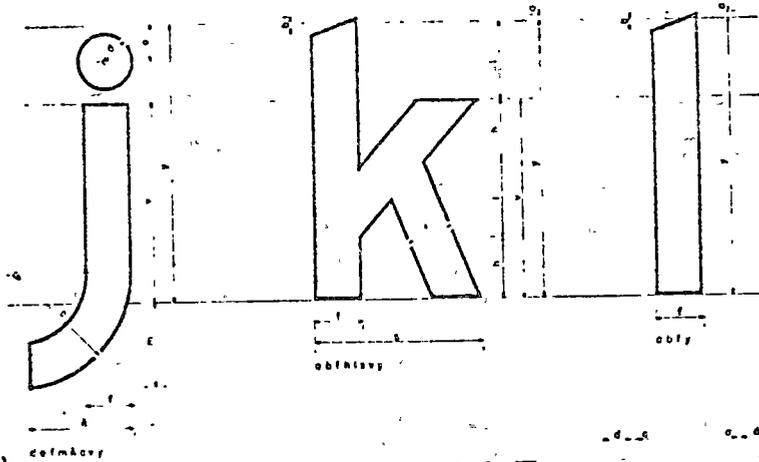


DIMENSIONES DE LAS LETRAS MINUSCULAS

j, k, l, m, n, ñ, o, p, q

DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTA- CIONES	ALTURA DE LAS LETRAS MAYUSCULAS INICIALES								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
a	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
b	3	4.5	6	7.5	9	11	12	15	18
d	5	7.5	10	13	15	18	20	25	30
e	6.5	10	13	16	20	23	26	33	39
f	9	13	17	22	26	30	34	43	51
h	11	17	22	28	33	39	44	55	66
i	12	18	24	30	36	42	48	60	72
j	12.5	19	25	31	38	44	50	63	75
k	13	20	26	33	39	46	52	65	78
l	14	21	28	35	42	49	56	70	84
m	15	23	30	38	45	53	60	75	90
n	18	27	36	45	54	63	72	90	108
ñ	19	29	38	48	57	67	76	95	114
o	21	32	42	53	63	74	84	105	126
q	26	39	52	65	78	91	104	130	156
s	30	45	60	75	90	105	120	150	180
t	31	47	62	78	93	109	124	155	186
v	36	54	72	90	108	126	144	180	216
y	50	75	100	125	150	175	200	250	300
z	52	77	103	129	155	180	206	258	309

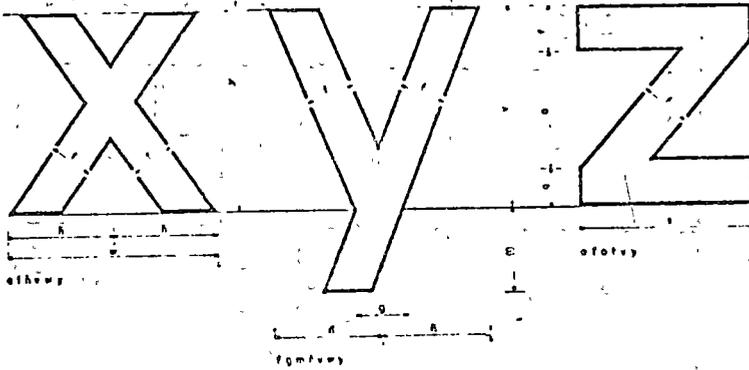
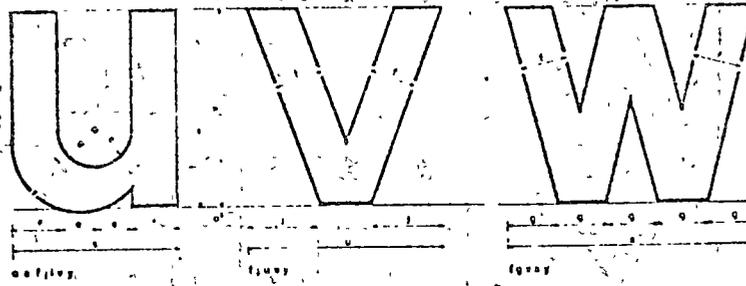
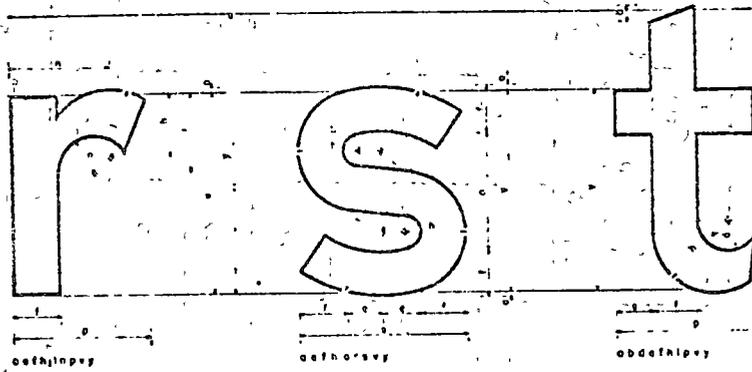


DIMENSIONES DE LAS LETRAS MINUSCULAS

r, s, t, u, v, w, x, y, z

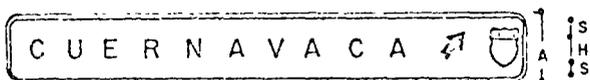
DIMENSIONES EN MILIMETROS

ACOTACIONES	ALTURA DE LAS LETRAS MAYUSCULAS INICIALES								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
a	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
b	3	4.5	6	7.5	9	11	12	15	18
d	5	7.5	10	13	15	18	20	25	30
e	6.5	10	13	16	20	23	26	33	39
f	9	13	17	22	26	30	34	43	51
g	9	14	18	23	27	32	36	45	54
j	12.5	19	25	31	38	44	50	63	75
l	14	21	28	35	42	49	56	70	84
m	15	23	30	38	45	53	60	75	90
n	18	27	36	45	54	63	72	90	108
ñ	19	29	38	48	57	67	76	95	114
o	21	32	42	53	63	74	84	105	126
p	25	33	50	63	75	88	100	125	150
r	27	40	53	66	80	93	106	133	159
s	30	45	60	75	90	105	120	150	180
t	31	47	62	78	93	109	124	155	186
u	35	53	70	88	105	123	140	175	210
v	36	54	72	90	108	126	144	180	216
w	38	57	76	95	114	133	152	190	228
x	45	68	90	113	135	158	180	225	270
y	50	75	100	125	150	175	200	250	300



CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE FLECHAS, ESCUDOS Y SEPARACIONES PARA SEÑALES ELEVADAS
(En cm)

Altura de letras mayúsculas - (en cm) H	Altura del tablero A (en cm)	Separación vertical entre textos o entre texto y filete (en cm) S	F L E C H A S					E S C U D O S		
			h	a	b	c	d	h ₁	a ₁	b
25 un renglón	60	13.5	40	26	12.5	8	28	40	30	12.5
25 doble renglón	122	21.3	40	26	12.5	8	28	40	30	12.5
30 un renglón	91	26.5	45	31	15.0	9.0	32	60	45	15.0
35 un renglón	91	24.0	52	36	17.5	12.0	37	60	45	17.5
30 doble renglón	122	18.0	45	31	15.0	9.0	32	40	30	15.0
35 doble renglón	152	24.7	52	36	17.5	11	37	60	45	17.5



Variable según la longitud del texto
Máxima = 549, Mínima = 244



Variable según la longitud del texto
Máxima = 549, Mínima = 244

DENOMINACION
MEXICANA

DENOMINACION
E. U. A.

SERIE 1

SERIE F

A B C D E F G H I J K L M N

SERIE 2

A B C D E F G H I J K L M N O P

SERIE 3

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R

SERIE 4

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V

SERIE 5

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Grueso del rasgo

Ancho de la letra

SERIE E

SERIE D

SERIE C

SERIE B

Para el dibujo de letras y formación de palabras y leyendas ver el "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras". Ed. 1970 - pgs. 215-283.

LEGIBILIDAD RELATIVA DE LETRAS*

(tomando como unidad la letra E)

A — 1.30

H — 0.92

O — 1.05

V — 1.03

B — 0.85

I — 1.41

P — 1.04

W — 1.13

C — 1.07

J — 1.04

Q — 1.05

X — 1.08

D — 1.03

K — 1.05

R — 0.97

Y — 1.04

E — 1.00

L — 1.19

S — 0.95

Z — 1.01

F — 1.04

M — 1.13

T — 1.15

G — 0.92

N — 1.00

U — 1.07

(Se observa que las letras mas legibles son A, I, L y T y las menos legibles B, H, y G)

* Neu, Robert J., "Internally-Illuminated Traffic Signs" Traffic Quarterly, Vol. 10, pp 247-259 (1956).

SEITE

A B C

D E F

G H I

11/11/11

J K L

M N O

P Q R

S T U

W W X

Y Z

121

2

3

4

5

6

7

8

9

0

6-15-18

A B C

D E F

G H I

SECRET

J K L

M N O

P Q R

1952

S T U

V W X

Y Z

Sheet 2

2

3

4

5

6

7

8

9

0

A

B

C

D

E

F

G

H

I

51801

J K L

M N O

P Q R

SECRET

S T U

V W X

Y Z

NUMBER

2

3

4

5

6

7

8

9

0

A B C

D E F

G H I

101

J K L

M N O

P Q R

2

3

4

5

6

7

8

9

0

S

T

U

V

W

X

Y

Z

1

DATE

A

B

C

D

E

F

G

H

I

Handwriting practice box

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

A

2 3 4

2

3

4

5

6

7

8

9

0

W.

a b c

d e f

g h i

W. J. ...

J

K

L

m

n

O

P

Q

R

10/10/2021

S T U

V W X

Y Z

Hemos hablado e insistido probablemente hasta "de más", en las señales preventivas; Restrictivas e Informativas; pero antes de tratar lo relacionado, con materiales y especificaciones de construcción conviene ampliar un poco sobre "Dispositivos de Protección". Se dijo que estos dispositivos son "Transitorios", y se recurre a ellos, para obras que pueden ir desde un simple desyerbe, hasta una repavimentación o reconstrucción con ampliación o reducción de carriles, por tal motivo, el tiempo en que puede recurrirse a estos dispositivos, puede ser, desde tiempo en horas, hasta tiempo en meses. Esta protección es tanto para el usuario de la vía, como para los trabajadores y puede necesitarse, desde un simple abanderamiento, hasta mecheros, reflectores, etc., etc. El proyecto y ubicación de estos dispositivos deben responder a las siguientes condiciones: 1.- Provocar la ATENCION; 2.- Implicar COMPRESION; 3.- Proporcionar TIEMPO PARA REACCIONAR e infundir RESPETO.

Igualmente que en el caso del señalamiento en general, en este caso de señales transitorias, también se dividen en : preventivas, Restrictivas e Informativas.

Preventivas.- Tienen las mismas características en forma, color y tamaño que las otras preventivas, pero en su uso algunas veces se complementan con algunas señales informativas para proporcionar mejor idea de las condiciones existentes. Con objeto de dar tiempo suficiente para captar el mensaje antes de actuar, su ubicación es a unos 150 mts. antes del riesgo y

Si hubiera otras señales, la separación entre ellas también será de ese orden. El soporte de estas señales es sobre postes, caballetes desmontables o barreras (son transitorias).

Restrictivas.- Tienen las mismas características en forma, color y tamaño que las otras restrictivas; pero todas las que son usadas en construcción o conservación, deben ser reflejantes. La ubicación es también semejante a las otras restrictivas y el soporte es también como las que acabamos de citar (transitorias).

Informativas.- Tienen las mismas características en color, forma y tamaño, que las otras informativas, excepto las de DESVIACION Y TRANSITO, que llevan fondo negro, con flechas blancas y letras negras. Siempre deben ser reflejantes. Algunos casos se convinan con señales preventivas para mejorar su función. Su ubicación es de acuerdo a las condiciones de cada caso, a manera que el operador tenga tiempo de captar el mensaje y actuar.

El soporte es en la misma forma que las otras señales transitorias.

Dispositivos de Canalización.- Son obstáculos usados para guiar a los conductores de vehículos a lo largo de una zona en construcción o conservación, en estrechamientos de la vía o cambios de ruta obligados por las obras. Su función es presentar un obstáculo real o aparente, marcando así, restricciones al carril de circulación. En algunos casos se colocan señales preventivas sobre los obstáculos para complementar su función canalizadora.

Se clasifican en :

Barreras

Conos

Tambores

Sacos de Arena

Fantásmas

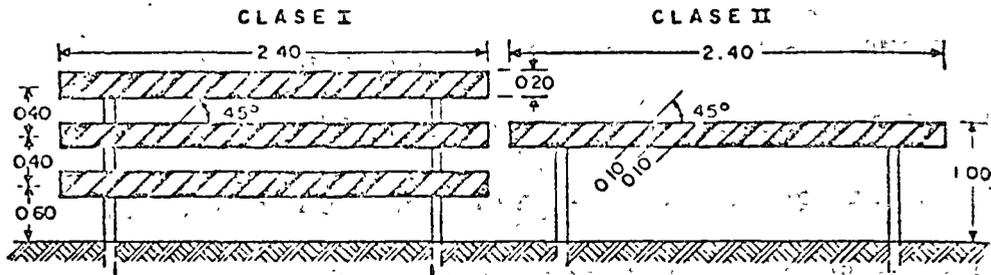
Marcas y Rayas

Barreras.- Estas no expresan ningún mensaje específico por si mismas, pero se complementan con señalamiento. Imponen un obstáculo a la circulación o marcan un carril limitado para transitar.

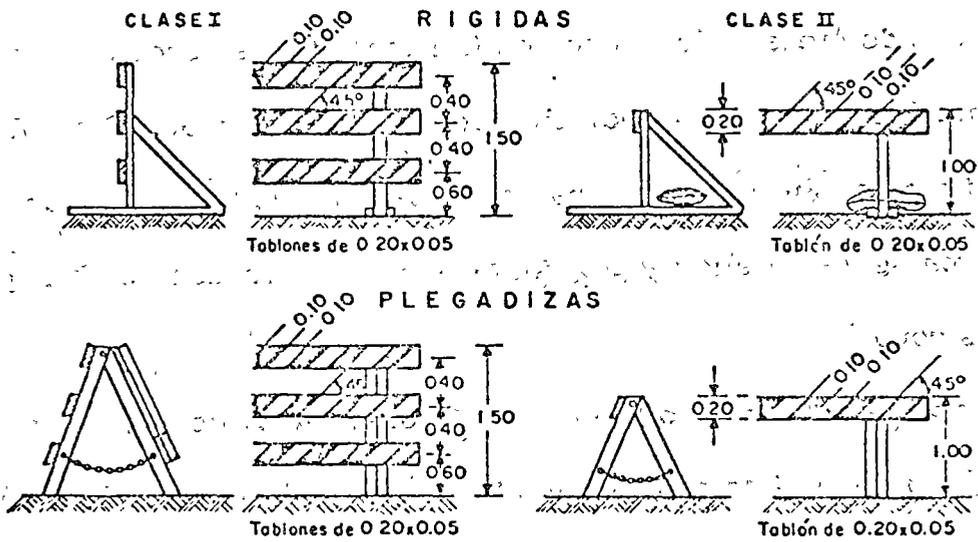
Hay de dos tipos I y II.- (I).- Consisten en tres tablones horizontales, de 0.20 mts. de ancho, por 0.05 mts. de espesor y de 1.20 a 1.40 mts. de longitud, con separación entre ellos de 0.20 mts., y altura completa de 1.50 mts., pueden usarse en serie, uno, dos, tres, etc. (II).- Consisten en un solo tablón horizontal de las mismas dimensiones, solo que con altura de solo 1.0 mt. Las II son desde luego mas fáciles de movilizar, que las I. Son de color blanco y negro en franjas de 10 cms. con una inclinación de 45° bajando de derecha a izquierda.

Conos.- Son dispositivos de hule u otro material semejante, que no se deteriore al ser tocado por los vehículos. Son con forma de un cono truncado, con altura de 45 a 75 cm. y base de 30 x 30 cms., de color amarillo y algunas veces con la punta roja y base negra. Se usan en casos cuando no es disponible el uso de las barreras, o como encauzamiento comple

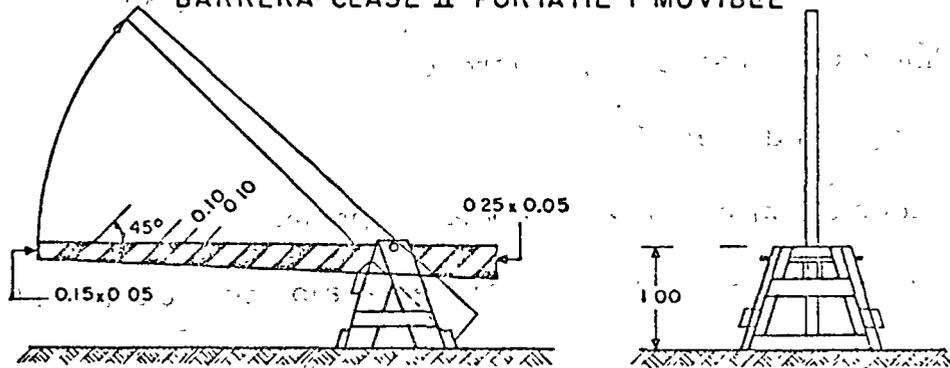
BARRERAS FIJAS



BARRERAS PORTATILES



BARRERA CLASE II PORTATIL Y MOVIBLE



NOTA: Todas las unidades en metros

mentario de éstas. Por su facilidad para perderse, deben usarse solo donde haya personal que cuide de ellos. Se colocan sobre pavimento para que su altura sea uniforme; siempre en hileras.

Tambores.- Su función es la misma que la de los conos, con ventaja por el tamaño, que puede ser el de los de 200 ltrs. o de 120 ltrs. El color es el de su origen comercial, solo se les pintan tres fajas blancas reflejantes de 10 a 15 cms. de ancho.

Sacos de Arena.- Su función es la misma de los conos o tambores; son costales de tamaño manejable por un hombre, pintados en color blanco reflejante. Su función es mas efectiva, ya que los vehículos pueden acercarse mas a ellos y proporcionar una barrera mas estable que la de los conos.

Cuando es de noche o la visibilidad disminuye, es necesario la iluminación artificial para llamar la atención e indicar la localización de obstrucción o peligro. Esta iluminación puede lograrse por:

- 1.- Antorchas, mecheros o linternas
- 2.- Lámparas de destello
- 3.- Luces eléctricas de alta o baja intensidad

Para controlar el tránsito en areas de trabajo, se usan también algunos dispositivos de señalamiento "a mano", como banderas en el día o luces rojas por la noche.

Señalamiento.- Materiales empleados y especificaciones de construcción.

Estos letreros, artefactos, estructuras, signos colocados o pintados en lugares apropiados, pueden ser:

1.- Placa de madera, metálicas, de concreto hidráulico u otros materiales.

2.- Rayas, signos, letras o cifras

3.- Barreras

4.- Fantasmas

5.- Camellones

6.- Defensas

7.- Reglas empleadas en vados

8.- Corrugaciones

9.- Señales luminosas electromecánicas

Los materiales que se emplean en la elaboración de estas señales, son en forma enunciativa, pero no limitativa, de:

Madera, Lámina de acero o aluminio; Acero estructural; Herraje; Soldadura; Concreto Hidráulico Acero de refuerzo; Manpostería; Piedra; Suelo-Cemento; Materiales plásticos; Pinturas; Materiales reflejantes; Productos Asfálticos; Marmol triturado; Chaquira; Botones de vidrio y Concreto asfáltico.

La madera deberá ser aserrada o cepillada, con las dimensiones marcadas para la señal de que se trate.

Las láminas de acero o aluminio, popularmente llamadas "charolas", son generalmente de un espesor de 1/16 de pulgada y para el mejor aprovechamiento (menores desperdicios), para cada diferente tamaño, ya sea que la señal lleve ceja o no, se recomienda emplear el tamaño de lámina comercial más apropiado. La fabricación de estas señales, generalmente la ejecutan talleres de las mismas Dependencias de Gobierno, o Contratistas especializados.

De la SP-6 a la SP-40, sus dimensiones son: 60 x 60 cms. y el símbolo y dimensiones del mismo se especifica en cada una de ellas.

La SP-6.- Curva derecha o izquierda, previene curvas en el alineamiento horizontal con deflexión entre 10° y 45° y grado entre 4° y 20° o deflexión de mas de 45° y grado entre 4° y 15° .

La SP-7.- Codo derecho o izquierdo, previene curva en el alineamiento horizontal con deflexión entre 10° y 45° y grado mayor de 20° , o deflexión de mas de 45° y grado mayor de 15° .

La SP-8.- Curva-inversa, derecha-izquierda o izquierda-derecha, previene la presencia de dos curvas de dirección contraria separadas por una tangente horizontal menor de 60 mts., cuando se trata de curvas como las indicadas para la señal SP-6.

La SP-9.- Codo inverso, derecho-izquierdo o izquierdo-derecho, previene la presencia de dos curvas de dirección contraria separadas por una tangente horizontal menor de 60 mts., cuando se trata de curvas como las indicadas para la señal SP-7.

La SP-10.- Camino sinuoso, previene la presencia de varias curvas sucesivas y el sentido de la primera curva inferior indica el sentido de la primera curva en ese tramo de que se trata.

De la SP-11 a la SP-40, el simbolo marcado en cada una es bastante explicito y al estarselas proyectando, estaremos explicando lo que previene cada una.

La SR-6.- Señal de ALTO, debe tener forma octagonal con dimensiones de 25 cms. por lado; se colocará sobre la vía de menor volumen de tránsito y en el lugar preciso donde deban detenerse los vehículos.

La SR-7.- Señal de CEDA EL PASO, debe tener forma de triángulo equilateral, con dimensiones de 85 cms. por lado; siempre se colocará sobre la vía de menor volumen de tránsito.

Las señales: SR-9; SR-11 y SR-13, deben ser rectangulares, con dimensiones de 117 x 86 cms.

Las señales: SR-10; SR-12; SR-15; SR-16; SR-19; SR-20; SR-21; SR-22;

SR-23 y SR-24 deben ser rectangulares con dimensiones de 60 x 45 cms.

Las señales: SR-14; SR-17 y SR-18, deben ser rectangulares, y con dimensiones de 80 x 60 cms.

La señal SR-8, debe ser rectangular, con dimensiones de 76 x 56 cms.

De la SR-25 a la SR-36, deben ser circulares, con diámetro total de 50 cms.

Para las señales informativas, sus tamaños y recomendación de la lámina comercial que por tamaño conviene emplear para tener menos desperdicios, se marcan en la relación: de las páginas Nos. 32; 33; 34 y 35.

Para el caso de la señal SI-10.- Carretera Federal.- Se emplea un escudo con dimensiones totales de 30 x 40 cms. y dibujo de 28 x 38 cms.

Para el caso de la señal SI-11.- Carretera Estatal.- Se emplea un escudo diferente, con dimensiones totales de 30 x 40 cms.

Para las señales SI-12 y SI-13 de Flechas sencillas y combinadas, las dimensiones son de 30 x 24 cms.

La señal SI-14 de Conjuntos direcciones, lleva poste y travesaños, sobre los que se colocan combinaciones de las señales SI-10; SI-11; SI-12 y SI-13 con dimensiones ya marcadas.

La señal SI-16 de Entronque, consiste en placas con escudo incluido o sin escudo, con dimensiones de 178 x 40 y 150 x 30 cada placa respectivamente.

La señal SI-17, de Poblado (con flecha marcada), consiste en una placa con dimensiones 147 x 40 cms.

Las señales SI-18 para Confirmación, consisten en placa o placas con nombre, escudo y distancia marcados, con dimensiones de 178 x 40 cms.

La señal SI-19 de lugar, con nombre y población marcados, consiste en una placa con dimensiones de 117 x 56 cms.

La señal SI-20 de Montaje Tubular (candelero), se usa en zonas urbanas, montadas las placas (con nombre y escudo) sobre tubo galvanizado.

La SI-21, Señal Elevada para control de tránsito por carril y vías de alta velocidad, en intersecciones y autopistas, son placas apoyadas sobre postes en los extremos, con dimensiones de 366 x 91 cms. c/placa.

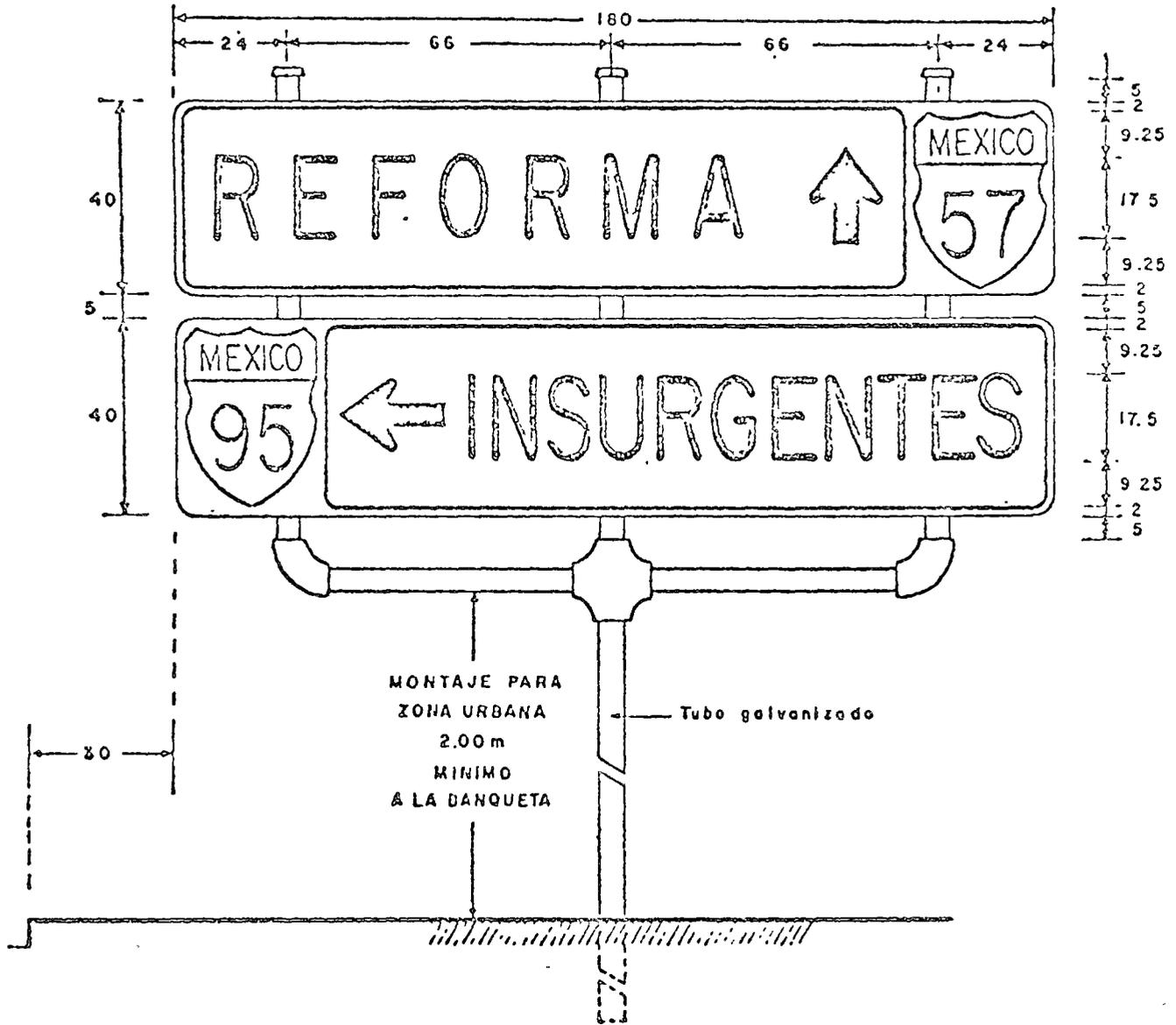
La SI-22, señal empleada para NOMENCLATURAS con nombres de calles o avenidas, consiste en placas con dimensiones de 90 x 20 cms.

La SI-23, señal para marcar el sentido del tránsito, es una placa con dimensiones de 60 x 20 cms.

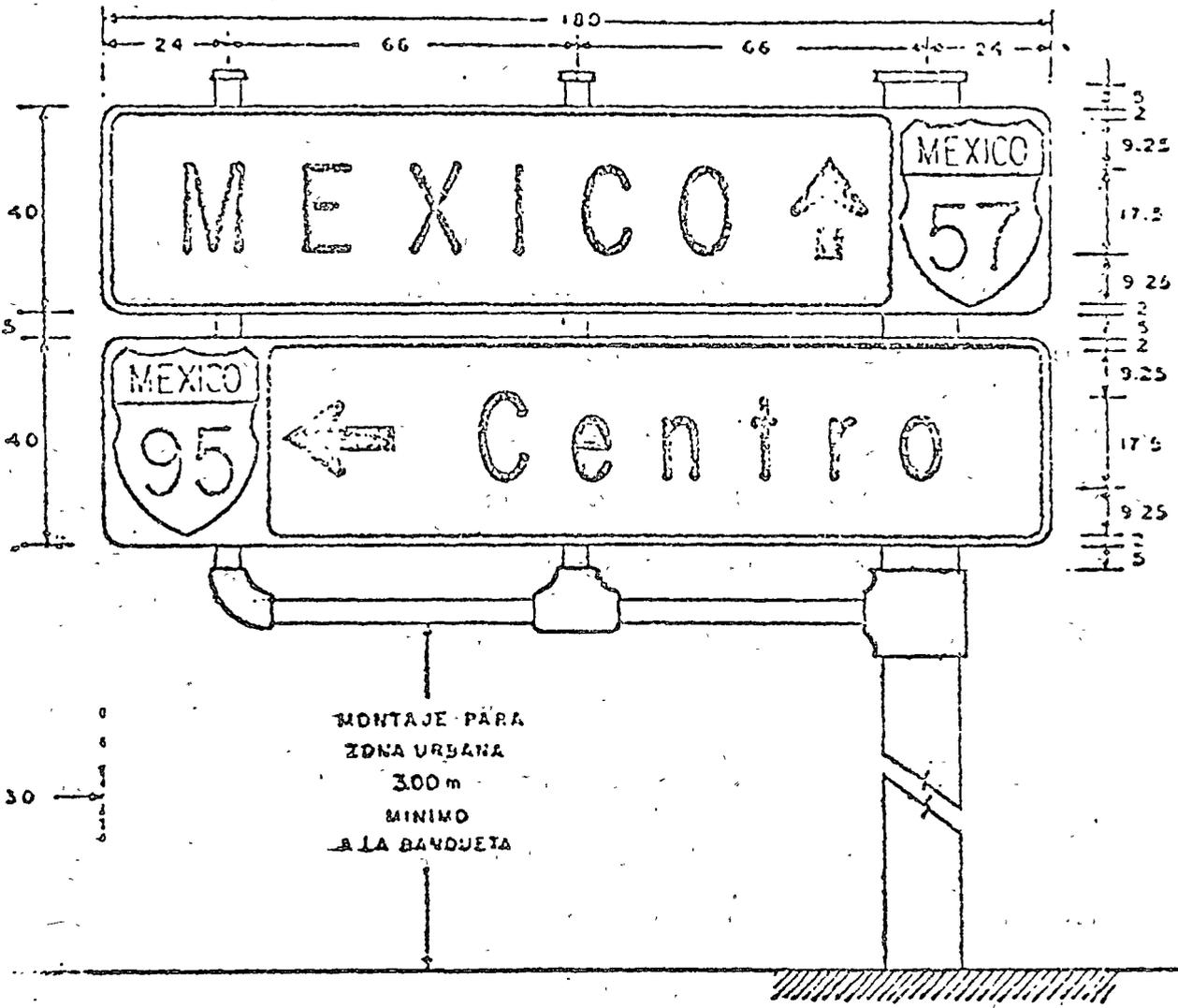
La SI-24, señal con la que se identifica en carreteras el lugar donde se localizan límites de estados, consiste en una placa de dimensiones de 150 x 45 cms.

de la Señal SI-26 a la SI-41, son señales sobre placas con dimensiones de 60 x 80 cms.

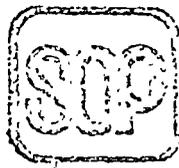
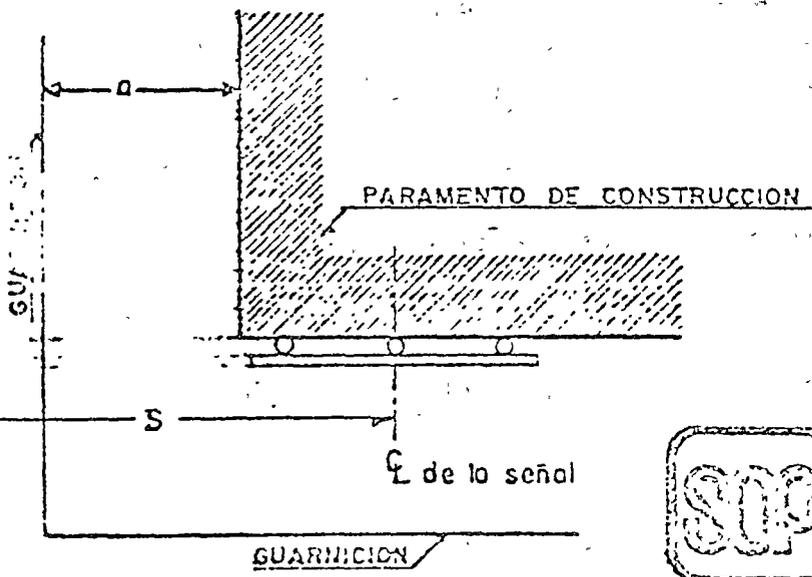
Con el número SI-42 se identifican a "señales varias" que no se limitan en su uso, pero si en la variación de sus dimensiones, donde no se permite un número en renglones de leyenda, mayor de tres. Las dimensiones mas usadas son: 150 x 60 cms; 147 x 56 cms. y 117 x 56 cms.



SÉÑAL DE MONTAJE TUBULAR (CANDELERO)



SECCIONA DE LOS OJOS DEL CONDUCTOR



COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO
DEPARTAMENTO TECNICO

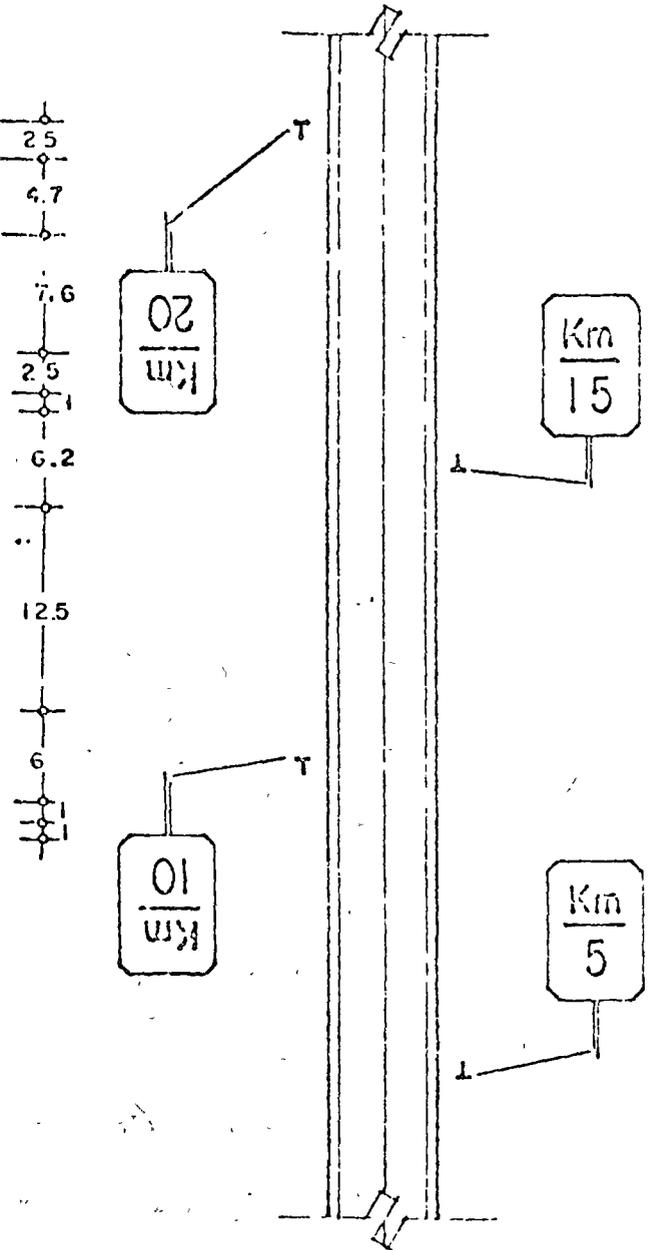
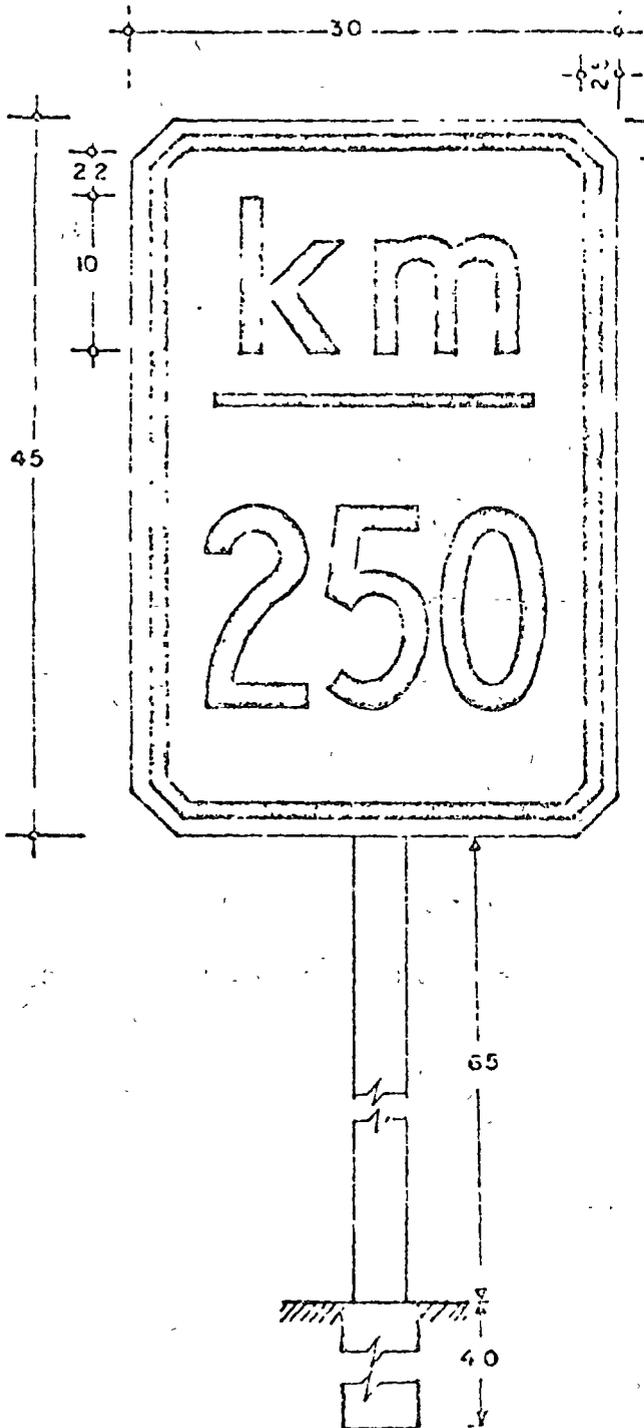
SEÑAL DE MONTAJE TUBULAR
PARA ZONA URBANA

EL JEFE DE LA OFICINA	EL JEFE DEL DEPARTAMENTO	EL VICEPRESIDENTE EJECUTIVO
ING. M. P. RENTON	ING. C. GARCIA LATORRE	ING. S. SALAZAR AGUILAR

La señal SI-25 que corresponde al poste de kilometraje y número de carretera, consiste en un poste de concreto con dimensiones de 1.40 m. de altura y sección de 30 x 13 cms, que va empotrado en el suelo 40 cms; llevan anotado el km. que le corresponde y el escudo que también le corresponde (federal o estatal) con el número de carretera. Su colocación es a ambos lados de la carretera "alternados"; cada 5 kms. en carreteras hasta 4, 000 v. P.D.A. y cada 2 kms. para carreteras con mayores volúmenes de tránsito. Se ha implantado para esta misma señal, la modalidad de colocar placa metálica de 35 x 45 cada 5 kilómetros, alternando los números nones a la derecha y números pares a la izquierda.

Proyectos de Señalamiento Vertical. - Para un buen proyecto de señalamiento vertical, debemos considerar las normas y especificaciones tratadas hasta ahora en todo lo visto para señalamiento, y tratándose de un proyecto para intersecciones, debe además tomarse como guía la siguiente secuencia:

- 1.- Señal PREVENTIVA, para advertir al conductor, que va a encontrar una intersección.
- 2.- Señal INFORMATIVA PREVIA, para indicar las diversas rutas por las que puede optar el usuario.



COLOCACION DE LA SEÑAL EN LA CARRETERA
 Los números pares a la izquierda
 Los números nones a la derecha

ESPECIFICACIONES DE LA SEÑAL:

Lámina # 15 sin ceja, fondo blanco, reflejante a base de microesfera, letra y números en negro mate, tipo de letras y números serie 4

POSTE DE SOSTEN:

Fierro ángulo de 5X5X0.63cm: 2" X 2" X 1/4" perforado de 1.50 m de largo.



COMISION DE INGENIERIA DE TRANSITO
 JEFATURAS REGIONALES

SEÑAL INDICATIVA DE KILOMETRAJE

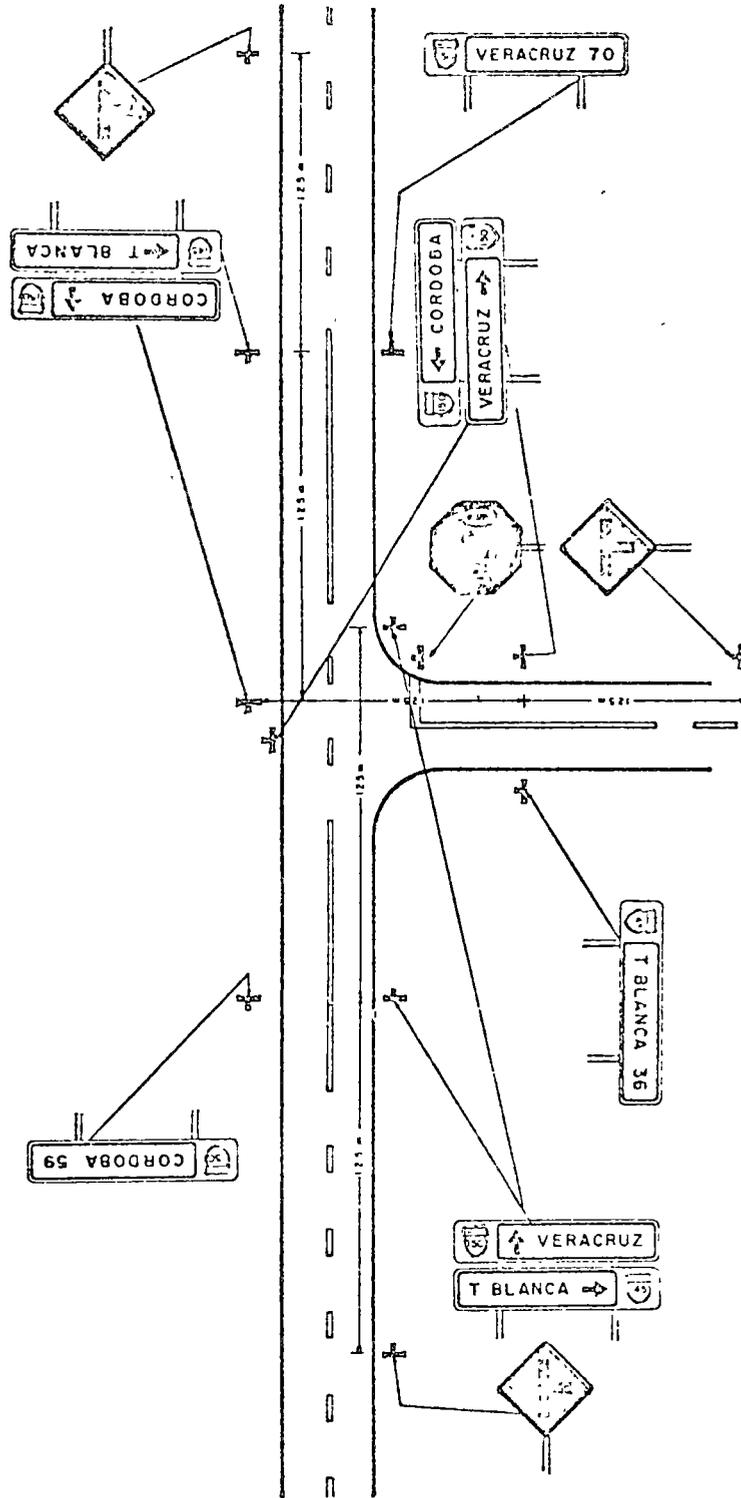
EL JEFE DE LA OFICINA	EL COORDINADOR	EL VOCAL EJECUTIVO
	EL VICE COORDINADOR	

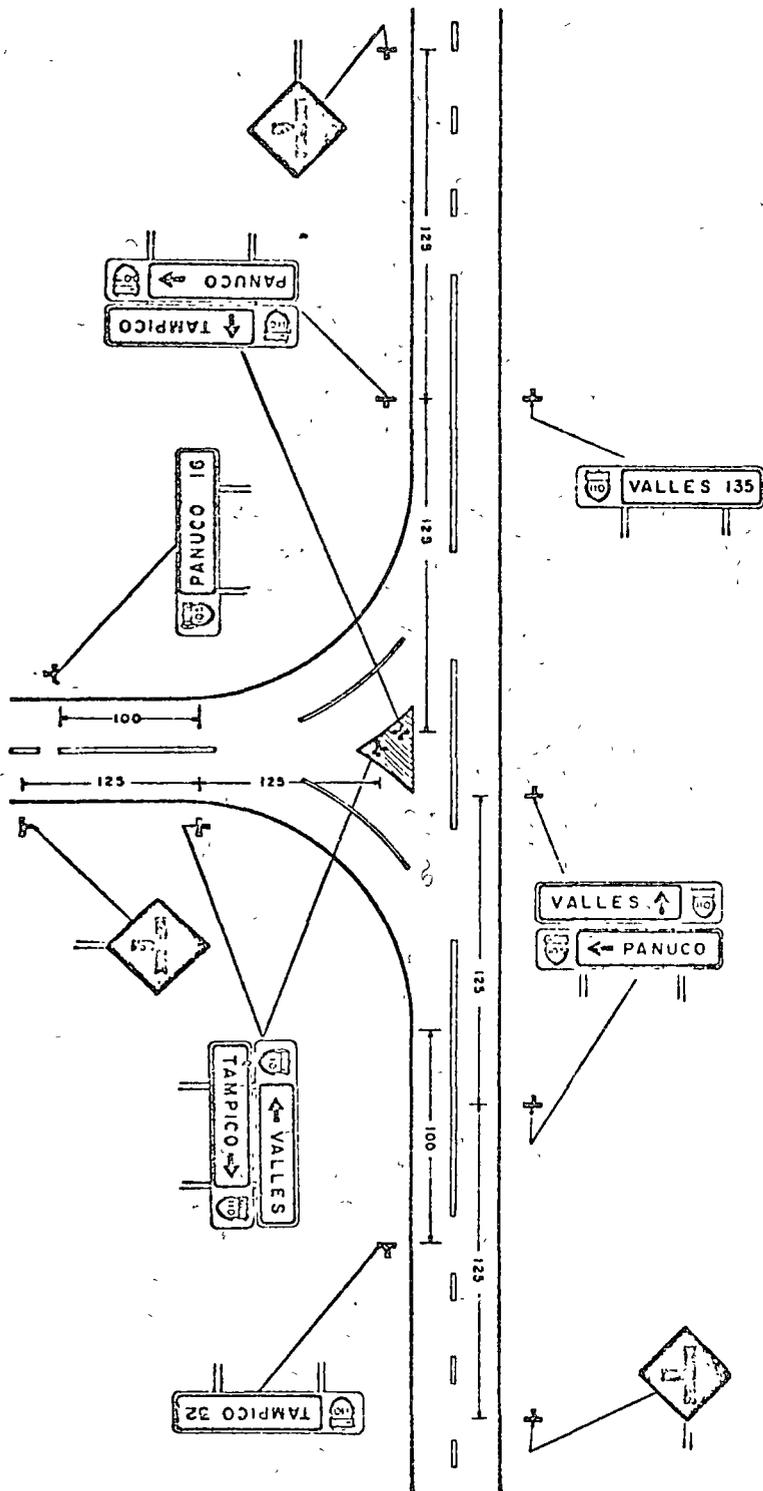
- 3.- Señal INFORMATIVA DE DECISION, en el lugar donde el usuario optará por la ruta que le convenga. Si hay informativas previa, ambas deben tener el mismo mensaje.
- 4.- Señal INFORMATIVA CONFIRMATIVA, se ubica después de haber pasado la intersección, para ratificar al usuario que eligió la ruta deseada, y conocer la distancia por recorrer para llegar a la siguiente población importante. Si además se quiere marcar otro destino, en el primer renglón debe marcarse la población mas próxima y su distancia.
- 5.- Señales RESTRICTIVAS, en algunos casos y según el estudio y proyecto de que se trate, serán necesarias algunas señales restrictivas.

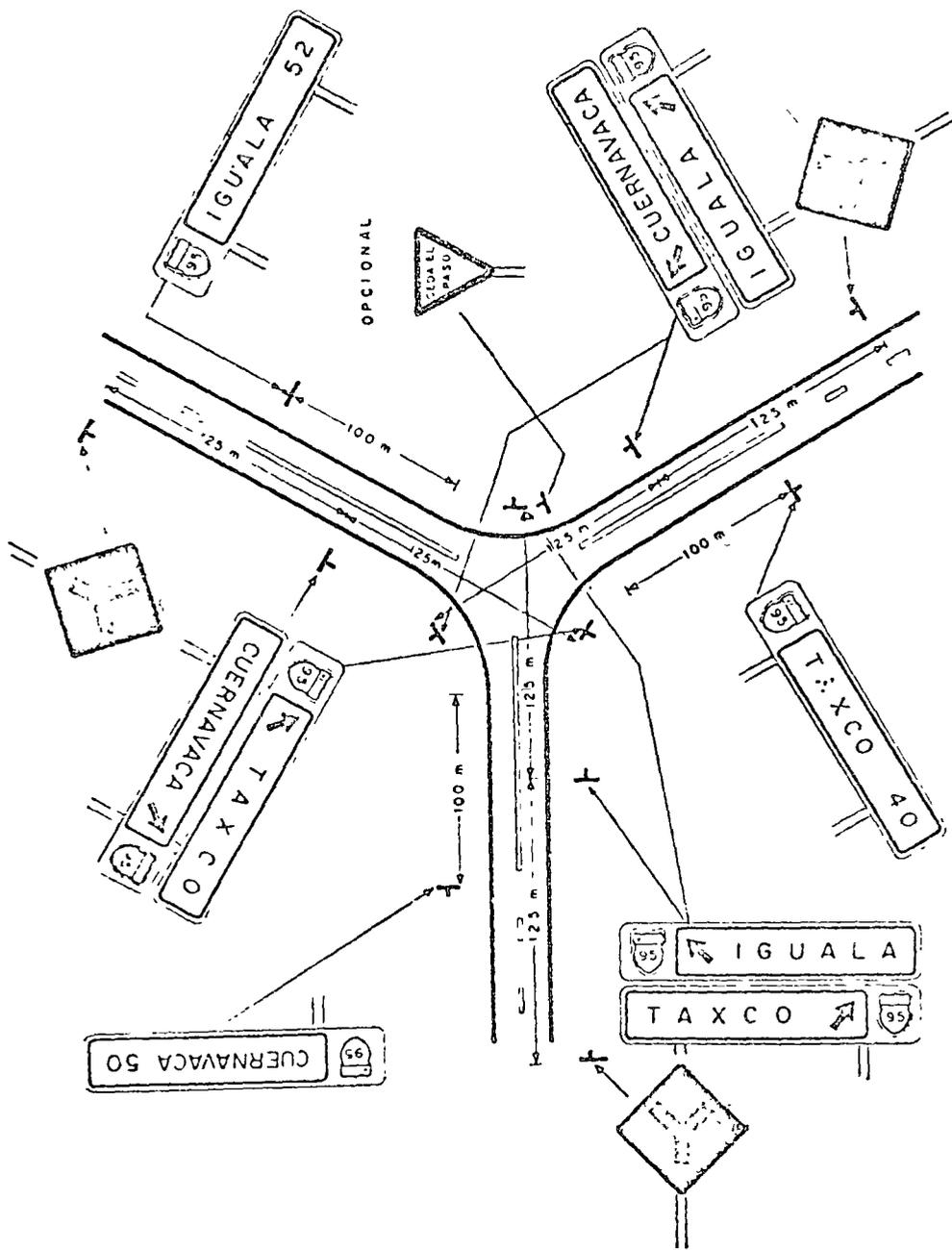
Un proyecto para señalamiento de intersecciones, nunca debe suprimir las señales PREVENTIVAS e INFORMATIVAS DE DECISION, por más económicas que se pretendan.

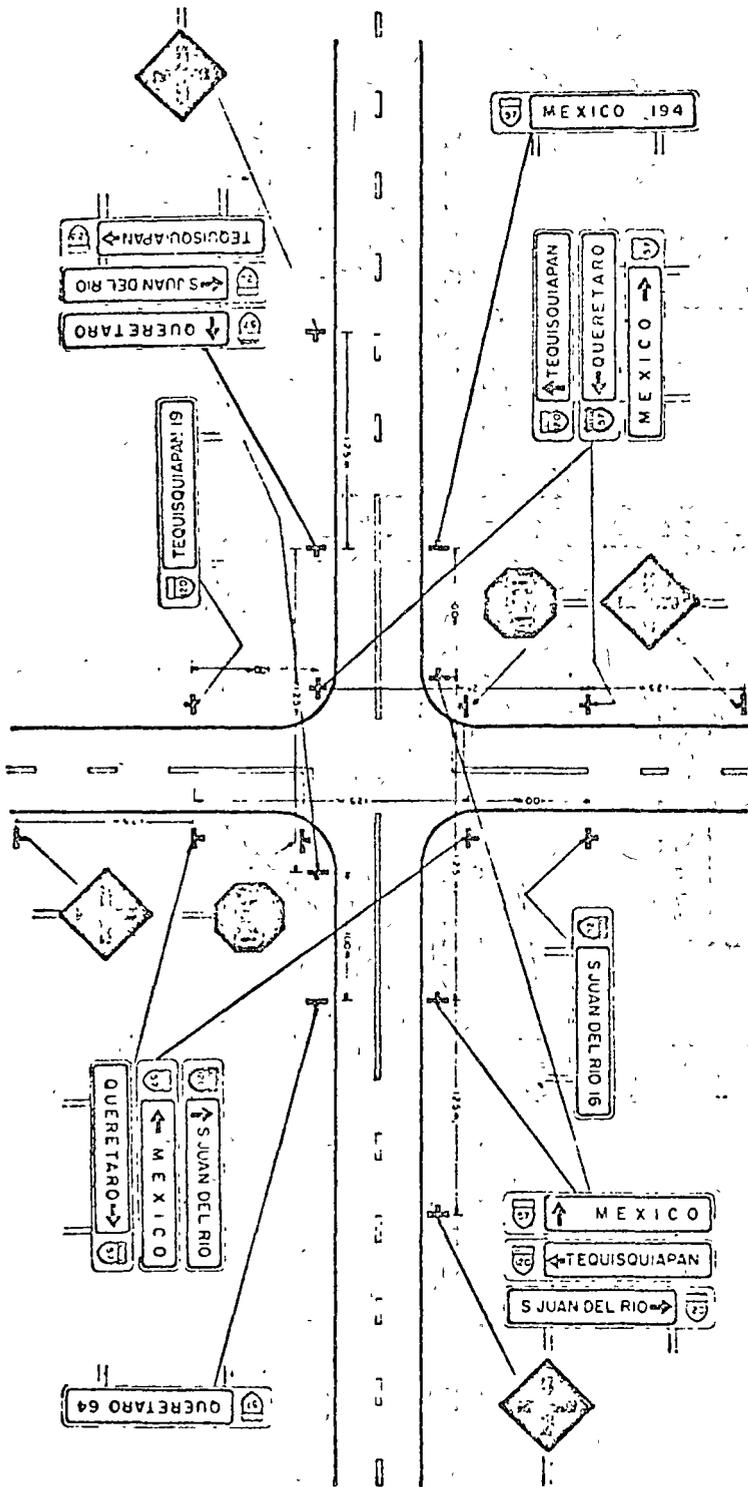
A continuación procederemos a analizar diferentes proyectos de señalamiento.

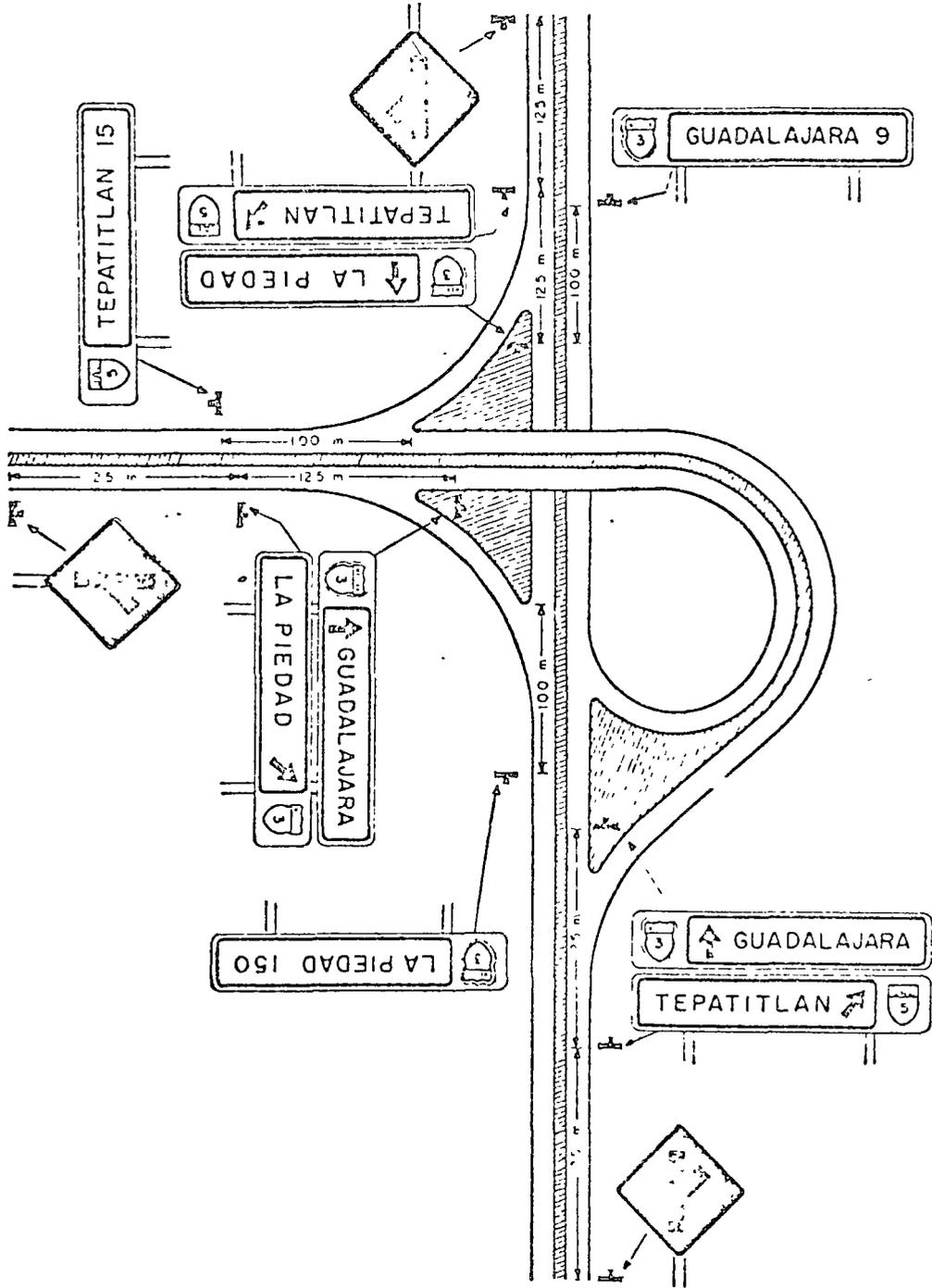
PROYECTOS DE SEÑALAMIENTO VERTICAL

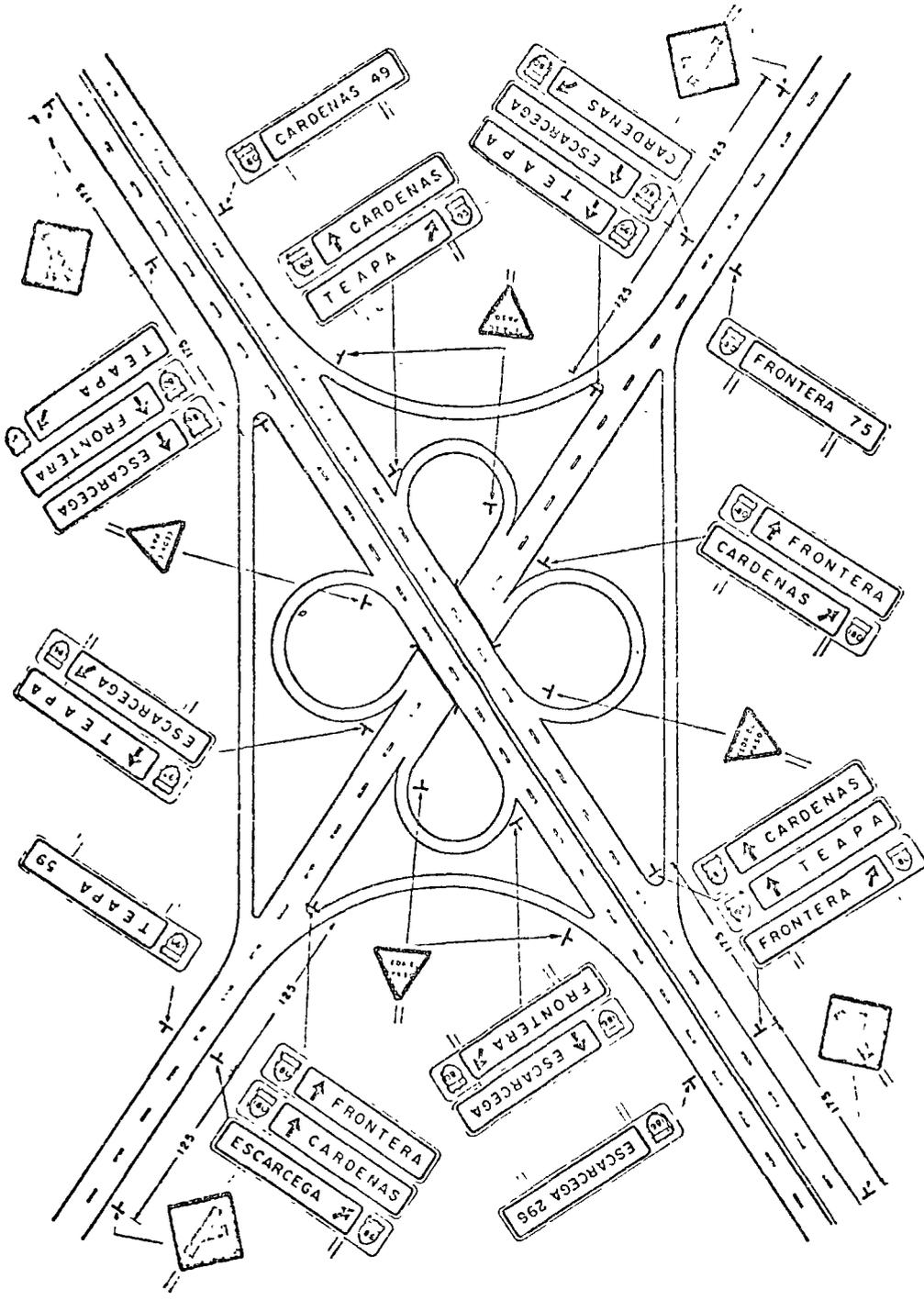


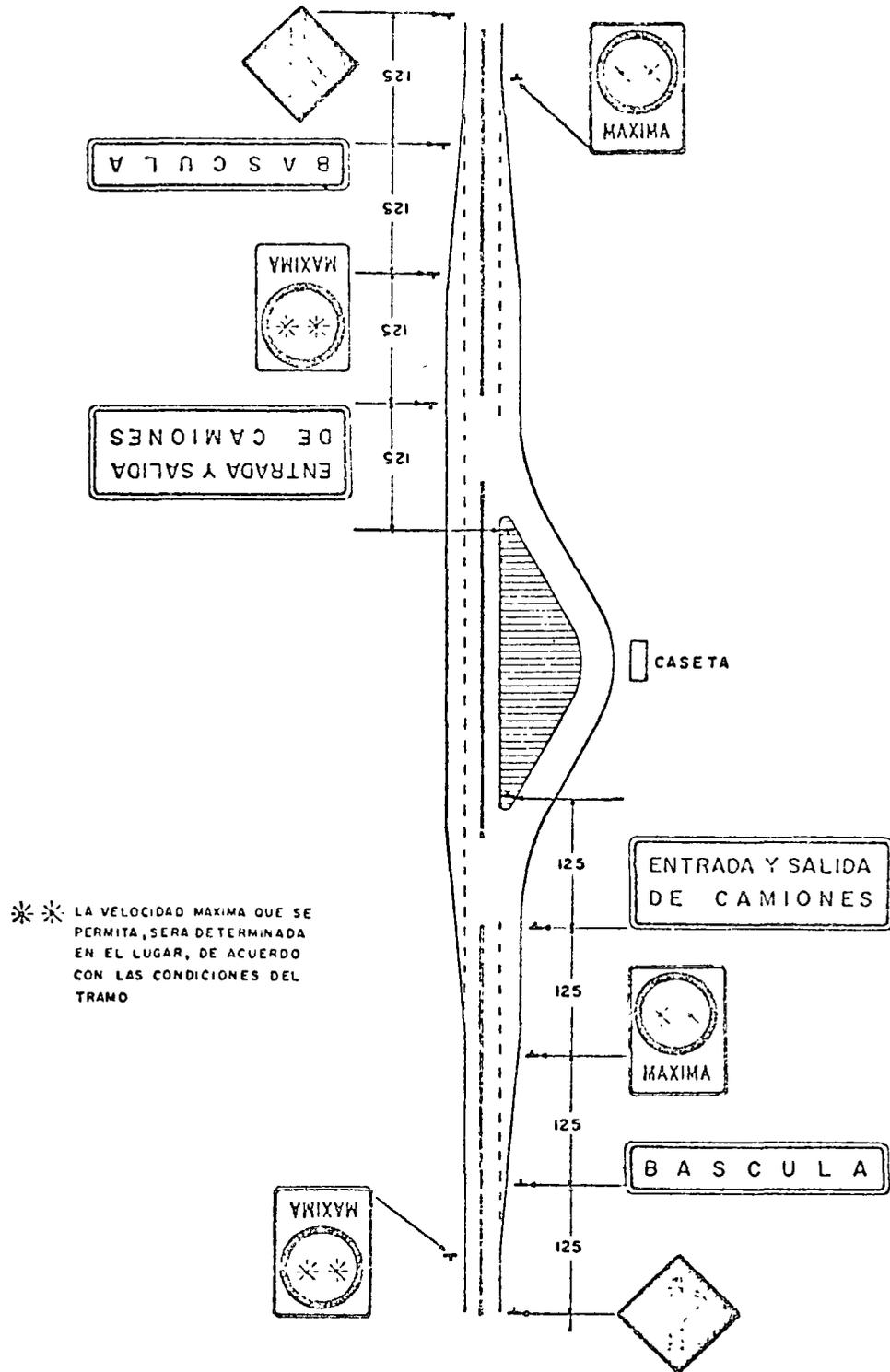












* * LA VELOCIDAD MAXIMA QUE SE PERMITA, SERA DETERMINADA EN EL LUGAR, DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DEL TRAMO

Señalamiento Horizontal.- Marcas.- Estas marcas son las rayas, símbolos y letras que se pintan o colocan sobre pavimentos, estructuras, guarniciones u objetos dentro o adyacentes a las vías de circulación, para indicar ciertos riesgos, regular o canalizar el tránsito, o complementar las indicaciones de otras señales. La ventaja que tienen es que proporcionan el mensaje preventivo o informativo, sin desviar la atención del conductor, y la desventaja es que con mal tiempo desaparece o disminuye en forma importante su visibilidad.

Estas marcas se clasifican en:

- I.- Marcas en el pavimento, que a su vez se dividen en: 1.- Rayas centrales 2.- Rayas separadoras de carriles 3.- Rayas en las orillas de la carpeta 4.- Rayas canalizadoras 5.- Rayas de parada 6.- Rayas para cruce de peatones 7.- Rayas de aproximación a obstáculos 8.- Marcas para cruce con vías de F.C. 9.- Marcas para estacionamientos 10.- Marcas para regular el uso de carriles.
 - II.- Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamientos.
 - III.- Marcas en obstáculos dentro de la superficie de rodamiento o en zonas adyacentes.
 - IV.- Indicadores (de peligro y de alineamiento, también llamados fantasmas).
- Para las marcas, el material mas empleado es la pintura, y para mejorar la visibilidad de la pintura, se le suele agregar a la pintura, micro-esferas de vidrio, con lo que se hace reflejante a las luces de los fanales de los vehículos; en algunos casos para la raya sobre pavimentos, se emplea tam

bién polvo de mármol, materiales termoplásticos o tachuelas metálicas, de vidrio o de plástico, estas últimas con dimensiones de 10 cms. de diámetro mínimo, separación máxima de 40 cms. centro a centro en líneas transversales, y a no más de 90 cms. en líneas longitudinales, sin sobresalir del pavimento, más de 2 cm.

Las marcas en obstáculos generalmente se pintan directamente sobre ellas, y si no es posible, o si esas marcas deben ser reflejantes, se usarán indicadores de peligro, colocados sobre los obstáculos o inmediatamente frente a ellos.

Los indicadores de alineamiento, o fantasmas, son postes de concreto con una franja de material reflejante cerca de su extremo superior. Provisionalmente en lugar de fantasmas, se llegan a usar piedras pintadas con lechada de cal.

Las marcas sobre pavimentos, siempre deben ser en color blanco.

Las marcas sobre guarniciones, que indican prohibición de estacionamiento, deben ser en color amarillo.

Las marcas sobre superficies verticales, en objetos sobre vías de circulación u obstáculos peligrosos, pueden ser en rayas blancas y negras alternadas o con solo pintura blanca, pero las zonas blancas deben ser reflejantes.

Los indicadores de peligro deberán tener franjas alternadas en blanco y negro, reflejante el color blanco y con inclinación de 45°.

Los fantasmas deben ser pintados en color blanco, con una franja negra peri

metral en su extremo inferior y otra franja reflejante cerca del extremo superior, que pueda ser pintada con pintura reflejante premezclada o con pintura y micro-esfera.

Tipos de rayas-Las rayas pintadas sobre pavimento longitudinalmente, son continuas o discontinuas, esta última puede cruzarse a discreción; en vías de circulación de dos carriles su uso es para separar el tránsito de sentidos opuestos; y en vías de circulación con mayor número de carriles, se usan para separar carriles con tránsito en el mismo sentido. La raya debe pintarse en tramos de 5 mts., separados 10 mts. entre sí, pudiéndose reducir las longitudes de estos tramos en zonas urbanas, pero conservando la relación 1 a 2 de raya a espacio. La raya continua generalmente hace las veces de barrera, por consiguiente, no debe cruzarse; en vías de dos carriles, su uso al centro indica " NO REBASE ", se usa algunas veces para canalizar el tránsito, así como también para marcar las orillas del pavimento, para indicar la aproximación a obstrucciones o intersecciones y para las rayas transversales.

Generalmente estas rayas tienen anchura de 10 cms. pero algunas veces - cuando son para canalizar el tránsito, pueden variar de 10 cms. a 30 cms., según la importancia del caso y cuando se trata de rayas transversales, las rayas de parada pueden ser de 30 cms. a 60 cms. de ancho y las de cruce - de peatones, entre 15 cms. y 25 cms.

Las rayas que hemos estado comentando, siempre deben ser reflejantes.

Rayas Centrales.- Estas rayas, como ya se dijo, pueden ser continuas o discontinuas, siempre pintadas al centro del pavimento, tanto en tagentes

A.- Discontinuas, se usan en vías de circulación de dos carriles, siempre y cuando haya visibilidad de rebase.

B.- Continuas sencillas, se usan en vías de circulación de dos carriles en los casos siguientes:

1.- En todas aquellas curvas horizontales, a un lado de la línea central, donde la distancia de visibilidad no permite el rebase.

2.- En todas aquellas curvas verticales en cresta, a un lado de la raya central, donde la distancia de visibilidad no permite el rebase.

3.- En todos aquellos lugares de la carretera o calle, en que por condiciones especiales, conviene impedir la invasión del carril contrario; lugares como: escuelas, tránsito intenso, zonas de cruce de movimientos, etc.

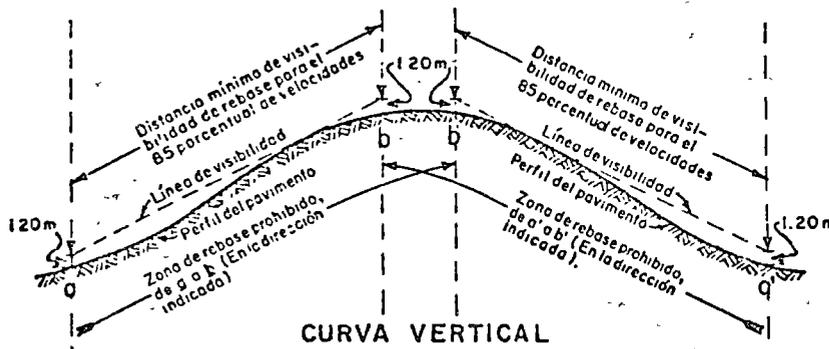
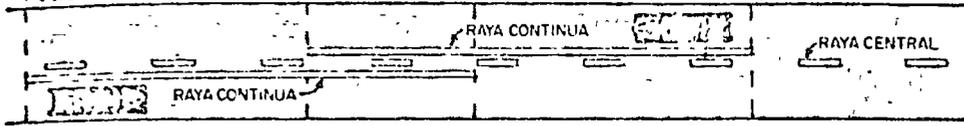
C.- Continuas dobles, se usan para separar los dos sentidos de circulación, en caminos o calles de cuatro o mas carriles; hace las veces de camellón, excepto cuando en algunas calles a determinadas horas del día se cambia el sentido de circulación de algunos carriles. Estas rayas deben ir separadas entre si 10 cms.

D.- Cuando una marca longitudinalmente consiste en una línea continua, a un lado de una línea discontinua, los conductores deben respetar el tipo de línea que quede a su lado. El proyecto para marcar las rayas correspondientes a " SI " Rebase o a " NO " Rebase, se hace como se marca en la página anexa, que indica el método empleado con gráficas y explicantes.

En una curva se marca rebase prohibido, cuando la distancia de visibilidad es igual o menor a la que se anota en el siguiente cuadro, para el 85 por ciento de las velocidades de punto o para las velocidades de proyecto.

METODO PARA UBICAR LOS LIMITES DE LOS TRAMOS DE REBASE PROHIBIDO EN CURVAS VERTICALES Y HORIZONTALES.

Carretera de dos Carriles -
Indicación de zona de rebase prohibido



CURVA VERTICAL

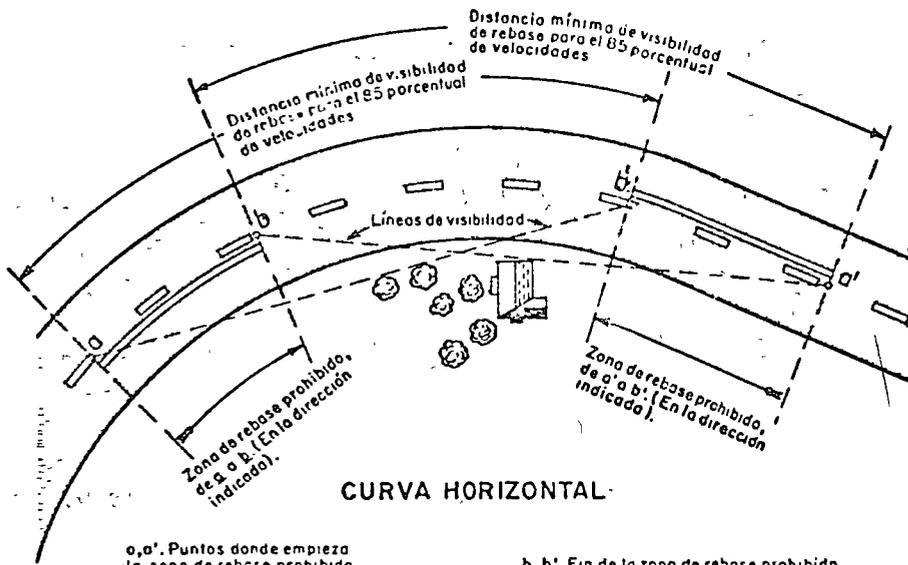
a, a' Puntos donde empieza la zona de rebase prohibido

b, b' Fin de la zona de rebase prohibido.

La distancia de visibilidad es menor que la mínima, medida entre puntos a 1.20m arriba del pavimento.

La distancia de visibilidad nuevamente excede el mínimo.

Nota: Los zonas de rebase prohibido en direcciones opuestas pueden trasladarse o no dependiendo del alineamiento



CURVA HORIZONTAL

a, a' Puntos donde empieza la zona de rebase prohibido

b, b' Fin de la zona de rebase prohibido

La distancia de visibilidad, medida a lo largo de la raya central, es menor que el mínimo aceptado

La distancia de visibilidad es mayor del mínimo aceptado

Nota: Las zonas de rebase prohibido en direcciones opuestas pueden trasladarse o no dependiendo del alineamiento.

85 Porcentual de velocidad (km/h)	Distancia mínima de visibilidad (m)
50	155
65	185
80	245
95	305
110	365

Rayas separadoras de carriles - Como ya se ha dicho, estas rayas pueden ser discontinuas o continuas y deben emplearse como sigue:

A.- A los lados del eje en vías de circulación de cuatro o mas carriles y para separar los carriles de mismo sentido del tránsito.

B.- En la aproximación a intersecciones, cruces de peatones y lugares peligrosos .

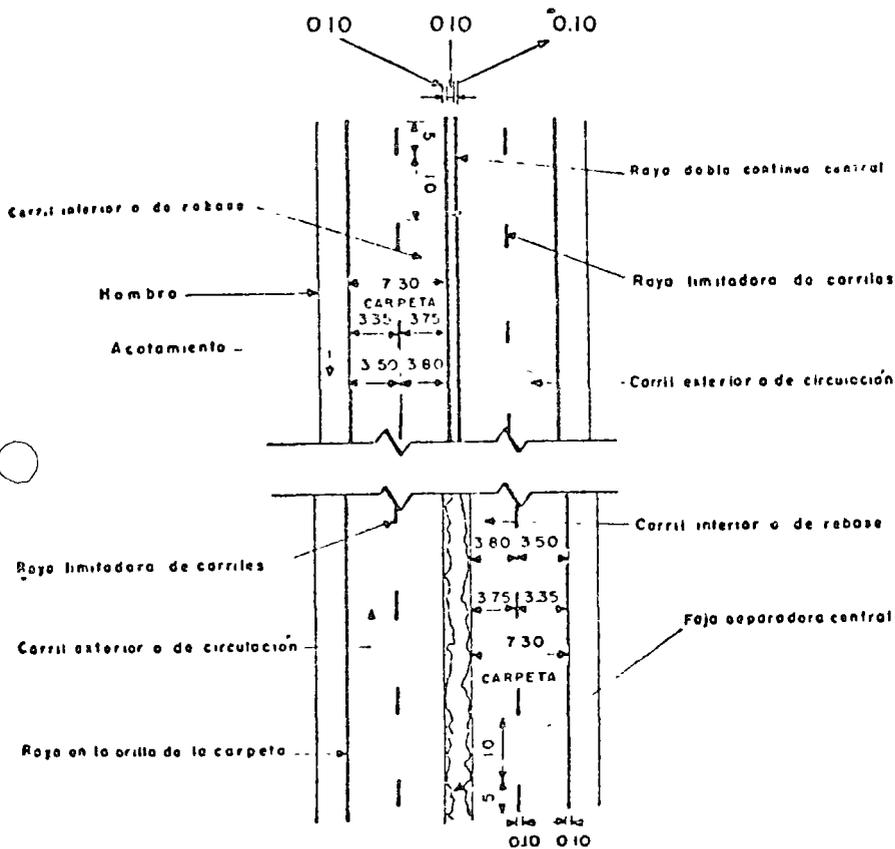
C.- Cuando en lugares de tránsito intenso, donde el ancho de la vía de circulación, permita acomodar más carriles de los que habría si no se usaran las rayas (ejem. algunos tramos del "Viaducto Piedad").

De estos casos pueden presentarse los siguientes:

M-10 Rayas separadoras de carriles.

Podrán ser discontinuas o continuas, según se permita cruzarlas o no, y se emplearán como sigue:

- A) A los lados del eje, en vías de circulación de cuatro o más carriles, para separar los del mismo sentido de tránsito. Se pintarán a las distancias convenientes, mostrándose un caso particular en la figura respectiva.



NOTA - Esta figura ilustra el caso en que existe una superficie de rodamiento de 7.30 m de ancho de cada lado

En caso de que las dimensiones reales sean diferentes, el ancho de los carriles será proporcional a las de la figura. Todas las dimensiones están en metros.

ANCHO DE LOS CARRILES CUANDO HAY FAJA SEPARADORA CENTRAL O RAYA DOBLE CONTINUA CENTRAL

- 1.- Lugares entre isletas y guarniciones de banquetas.
- 2.- Lugares donde se reduce el ancho normal del carril
- 3.- Proximidades a intersecciones amplias.

El ancho de carril limitado por rayas, puede variar de 2.25 mts. a 3.65 mts. como máximo.

En vías de circulación de cuatro o mas carriles, con camellón o doble raya continua al centro, los carriles adyacentes a éstos, debe ser de 30 cms. a 60 cms. más ancho que los demás.

En calles el ancho del carril, generalmente no debe ser menor de 3.05 mts. pero en casos especiales se permiten con ancho mínimo de 2.75 mts.

Rayas en la orilla de la carpeta.- Estas rayas deben ser siempre continuas y con anchura de 10 cms; tienen los siguientes objetivos:

- A.- Guiar a los conductores dentro de su carril, por las noches o cuando la visibilidad es deficiente.
- B.- Evitar el tránsito sobre los acotamientos
- C.- Ayudar al usuario a percibir los riesgos, como: puentes angostos, vados o accesos a poblaciones importantes.

Cuando por razones económicas se pretende no pintar rayas laterales, se recomienda:

- 1.- Deben pintarse cuando menos en las inmediaciones a puentes angostos, vados, entronques y accesos a poblaciones; 300 mts. cuando menos en los tres primeros casos, y 1 000 mts. en el último caso.
- 2.- Deben pintarse siempre en zonas donde puede presentarse neblinas,

cuando se trate de carreteras con volúmenes de tránsito mayores de 1,000 en TPDA.

3.- Deben pintarse siempre que se trate de carreteras con volúmenes mayores de 3 000 en TPDA.

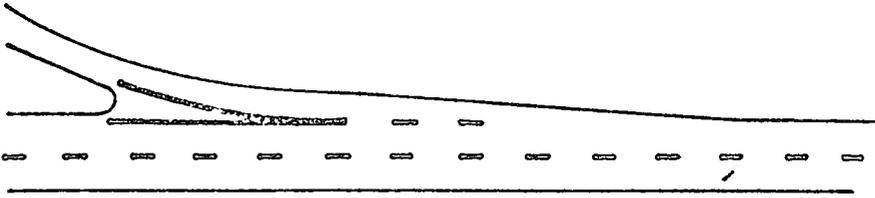
Rayas canalizadoras - Estas rayas debén ser continuas y con ancho entre 10 cms. y 20 cms. según la importancia del caso. Se usan para:

1.- Marcar reducción asimétrica de cuatro a dos carriles; en estos casos debe ser doble y será continuación de la raya doble central, o del camellón dirigiéndose hacia la raya central interrumpida del tramo de dos carriles.

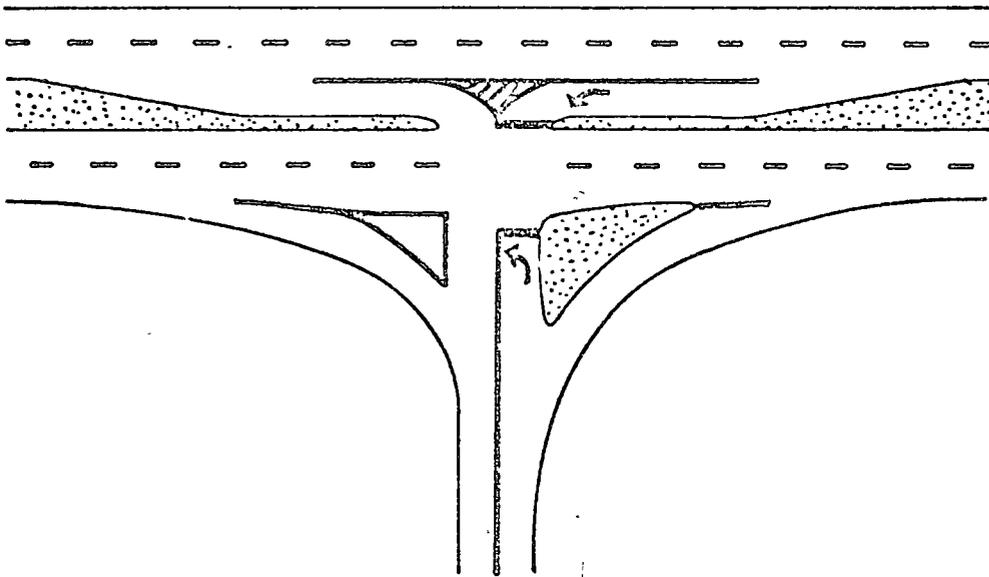
La longitud de esta raya oblicua debe ser igual a $0.62 VD$, donde V es la velocidad del camino en km/h, y D la distancia a lo ancho que haya que desplazar en metros, y se prolongará raya continua al centro de los dos carriles, otro tanto de la distancia oblicua.

2.- Guía de encauzamiento del tránsito en ciertas direcciones, para no provocar interferencias. Para formar isletas en areas pavimentadas o para separar carriles para dar vuelta. Son muy empleadas para encauzar el tránsito en entradas o salidas de vías de alta velocidad.

Rayas transversales - En estos casos debe considerarse la necesidad de pintar las rayas mas anchas, ya que desde un vehículo que se aproxima, por el ángulo vertical se tiene efecto de distorsión.



Rayas canalizadoras del tránsito.

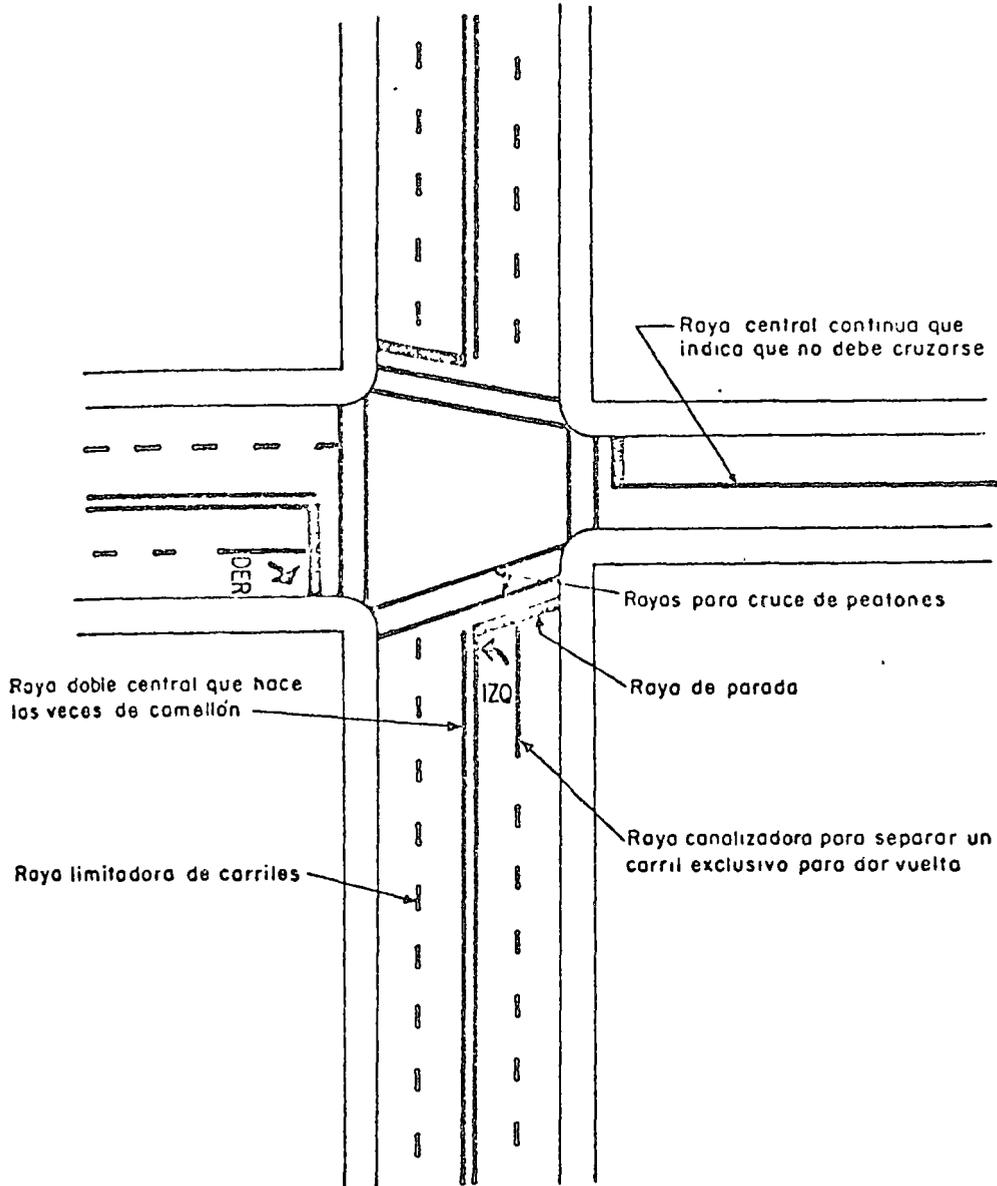


Rayas canalizadoras que encauzan el tránsito para dar vuelta, forman isletas canalizadoras y marcan un carril de estacionamiento momentáneo para dar vuelta y otro para aceleración.

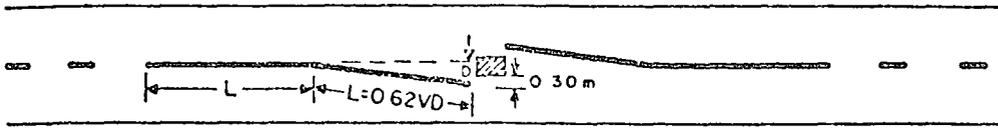
Rayas de Parada - Deben ser continuas, con ancho que puede variar de 30 cms. a 60 cms; deben trazarse cruzando todos los carriles del tránsito en el mismo sentido. Se emplean en carreteras o calles, para indicar el lugar donde se requiera que se detengan los vehículos, de acuerdo con la señal de ALTO, semáforos u otra reglamentación. Cuando hay cruce de peatones, las rayas deben ser paralelas y a 1.20mts antes, si no hubiera cruce de peatones, la raya de parada debe quedar a no más de 9 mts., ni menos de 1.20 mts. de la orilla de la vía de circulación que cruza.

Rayas para cruce de peatones.- Se usan en calles y caminos, deben ser continuas y con ancho de 15 cms. a 25 cms. Son dos rayas paralelas transversales a la vía, con separación del mismo ancho de la banqueta, pero nunca menor de 1.80 mts. Si la velocidad de la vía es mayor a 60 km/h y no existe raya de parada, la primera según el sentido del tránsito debe ser de 60 cms. de ancho.

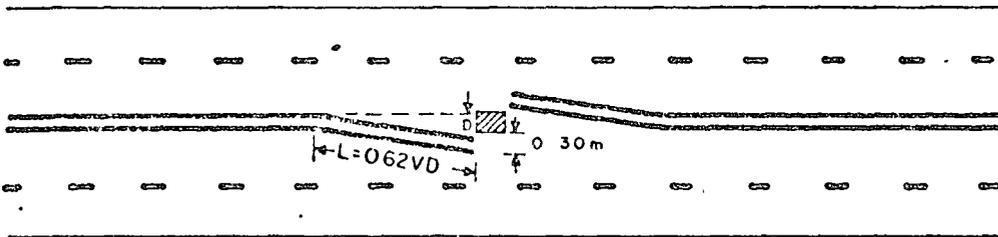
Rayas de aproximación a obstáculos.- Consisten en una o dos rayas continuas, trazadas desde la raya central o separadora de carril, hasta 30 cms. o 60 cms. a uno o ambos lados del obstáculo. El ancho debe ser de 10 cms. a 30 cms. y la longitud oblicua está dada por la fórmula $L = 0.62 VD$, donde L está dado en metros; V es la velocidad máxima permitida en km/h y D la distancia transversal de desplazamiento en metros. L nunca será menor de 60 mts. en zona rural y 30 mts. en zona urbana. Se presentan dos casos, cuando se quiere que los vehículos pasen por un solo lado del obstáculo, y cuando el obstáculo está entre carriles de un mismo sentido y se requiere



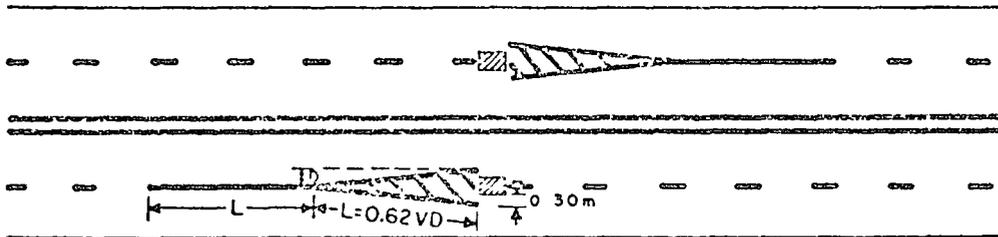
Diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento, en las aproximaciones a una intersección.



Rayas continuas sencillas que indican el paso de los ve hículos por un solo lado de un obstáculo situado al centro de una vía de circulación de dos carriles.



Raya continuo doble para indicar el paso de los ve hículos por un solo lado de un obstáculo, situado en el eje de una vía de circulación de cuatro carriles.



Rayas que indican que se puede pasar por ambos lados de un obstáculo situado entre dos carriles de un mismo sen tido de tránsito.

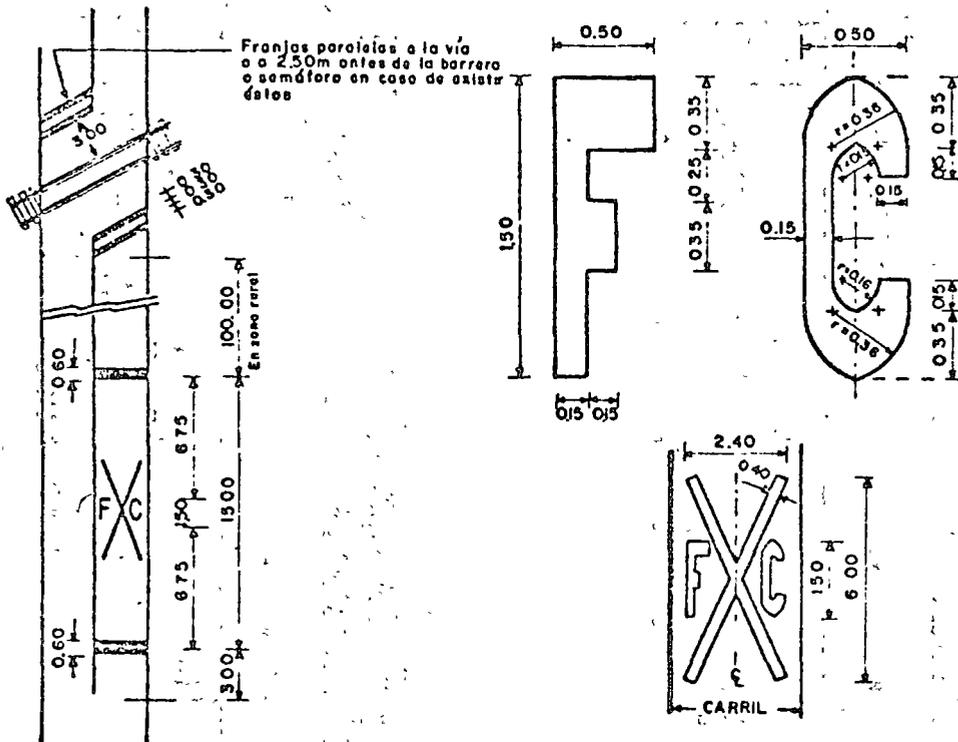
RAYAS DE APROXIMACION A OBSTACULOS

que los vehículos pasen por cualesquiera de los dos lados, en este caso se trazan dos rayas continuas divergentes que parten de un punto de la línea limitadora de carriles, a terminar a cada lado del obstáculo y a 30 cms, con una longitud de cada línea, como la dada por la fórmula mencionada $L = 0.62 VD$. Antes del punto de divergencia, deberá pintarse también una línea continua con longitud igual a la misma L. En el triángulo formado por las líneas divergentes, se deben pintar rayas anchas transversales u oblicuas.

Marcas para cruce con vías de ferrocarril.- Consisten en una X con las letras F y C a los lados, raya central continua y rayas transversales.

El símbolo F X C deberá pintarse en cada carril antes del cruce, según el sentido del tránsito y con dimensiones y distancias, como lo muestra la figura en página anexa.

Marcas para estacionamientos.- Para limitar espacios de estacionamientos, se usan rayas blancas, con lo que se logra mejor uso y orden; debe evitarse invadir los sitios para parada de autobuses. zonas para maniobras comerciales y proximidades a las esquinas. Para marcar espacios para estacionamientos paralelos a las banquetas, se marcan rayas perpendiculares a la banqueta, de 2.50 m a 3.00 m (ancho del vehículo) y con separación de 6.70 m a 7.90 m., estos mismos espacios pueden marcarse con "cruces" que limiten las mismas dimensiones. Cuando se trata de marcar espacios para estacionamiento en el lado izquierdo, si la calle es de un solo sentido, pueden marcarse estos espacios unicamente sobre la banqueta.

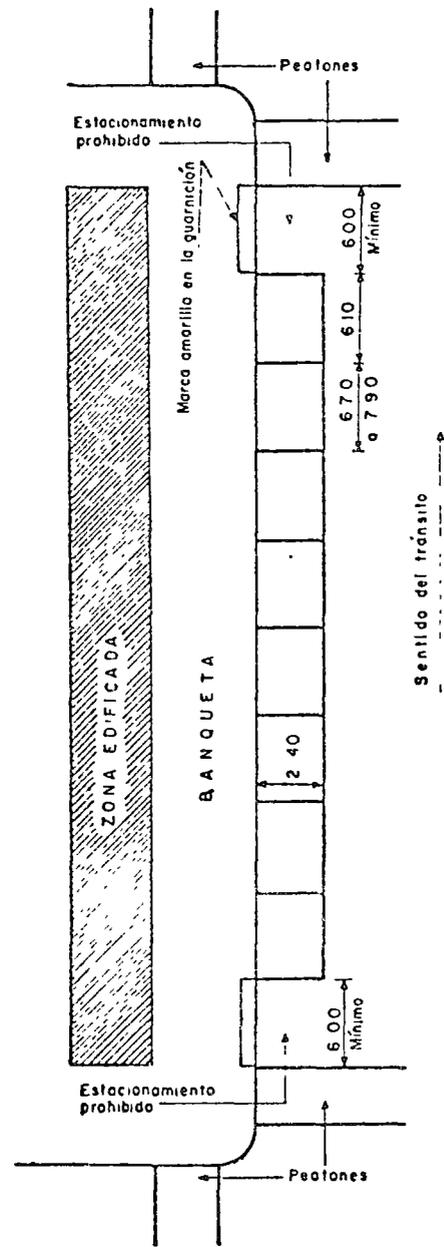
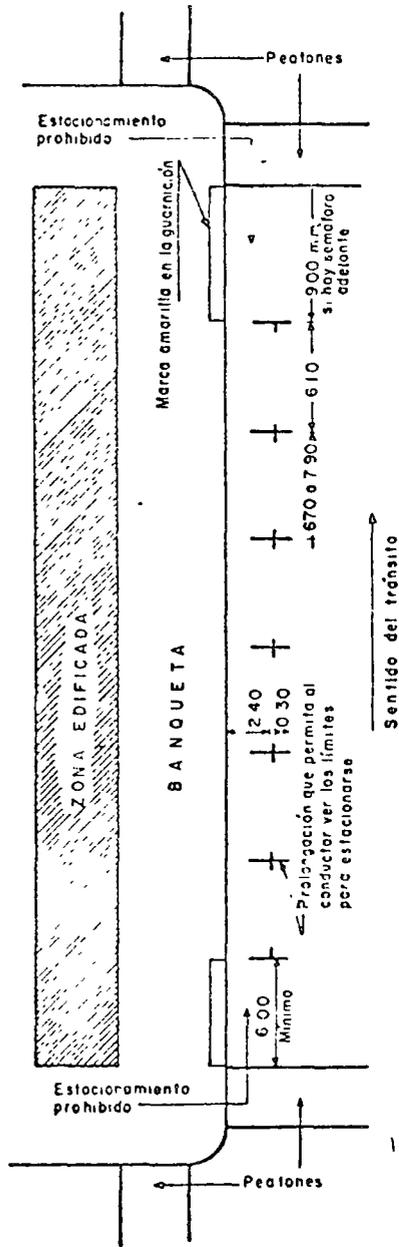


Todas las dimensiones en metros.

En caminos de dos ó más carriles de un mismo sentido de tránsito deberá pintarse el símbolo FXC en cada carril.

En caminos con raya central, las rayas transversales deberán tener una longitud igual al semi-ancho de la carpeta y en caminos con faja separadora central deberán pintarse desde la faja hasta la orilla de la carpeta, abarcando todos los carriles de un mismo sentido de tránsito.

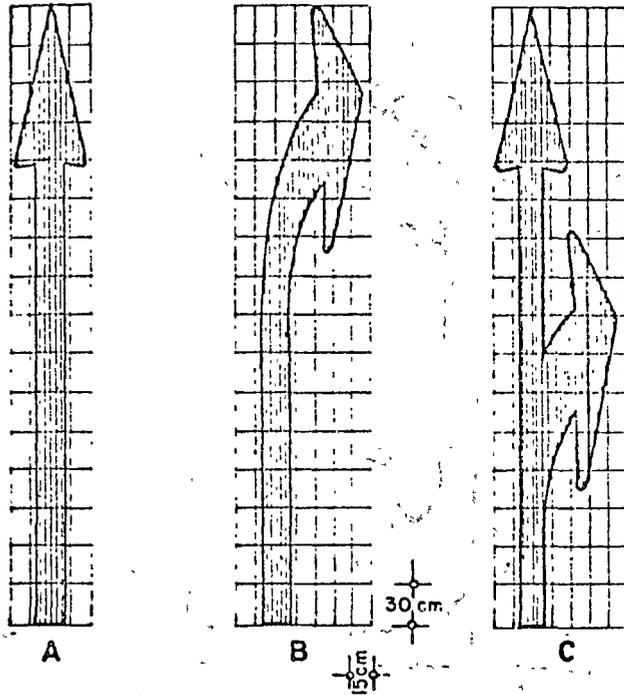
MARCAS EN CRUCE DE FERROCARRIL



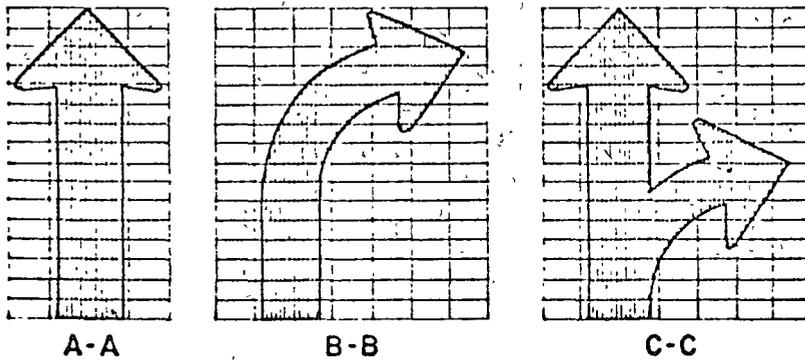
Marcas para limitar los espacios para estacionamiento de vehículos

Todas las dimensiones están en metros

FLECHAS EN EL PAVIMENTO

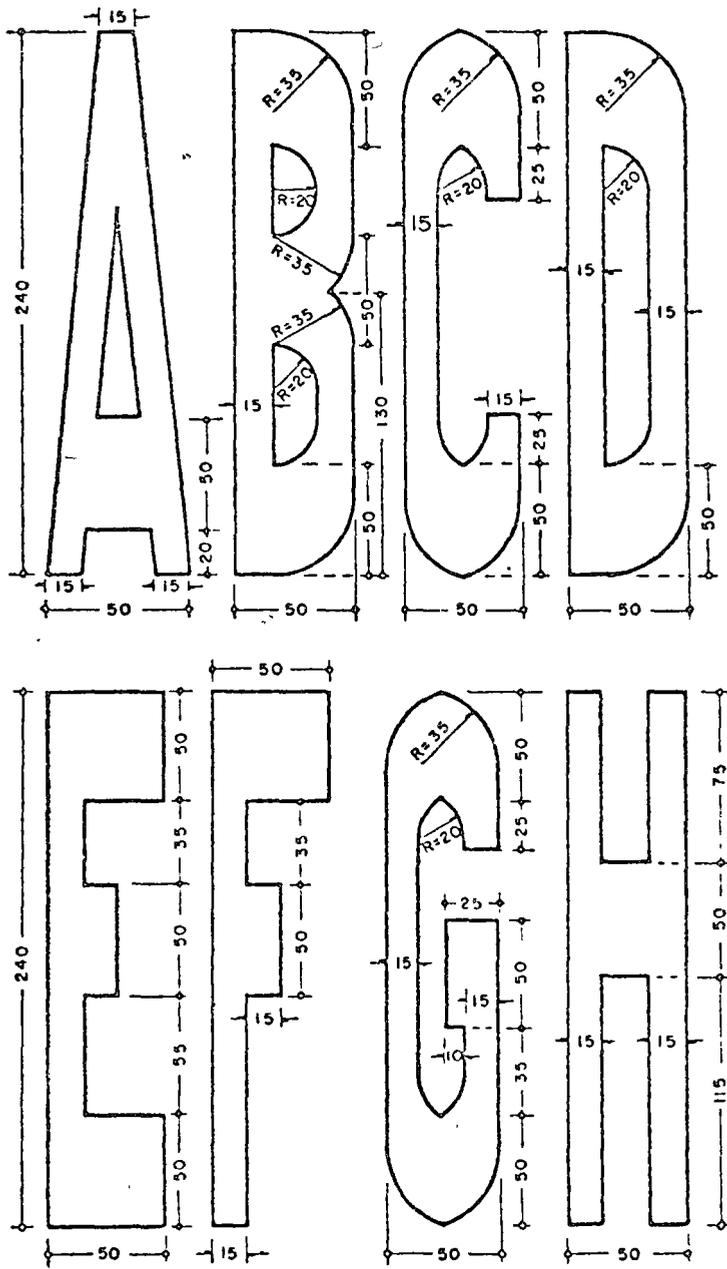


P L A N T A

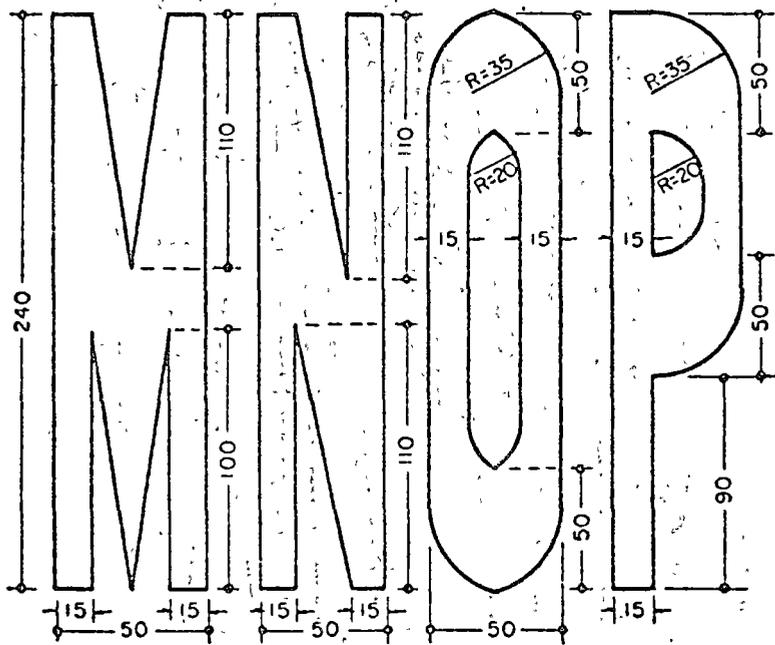
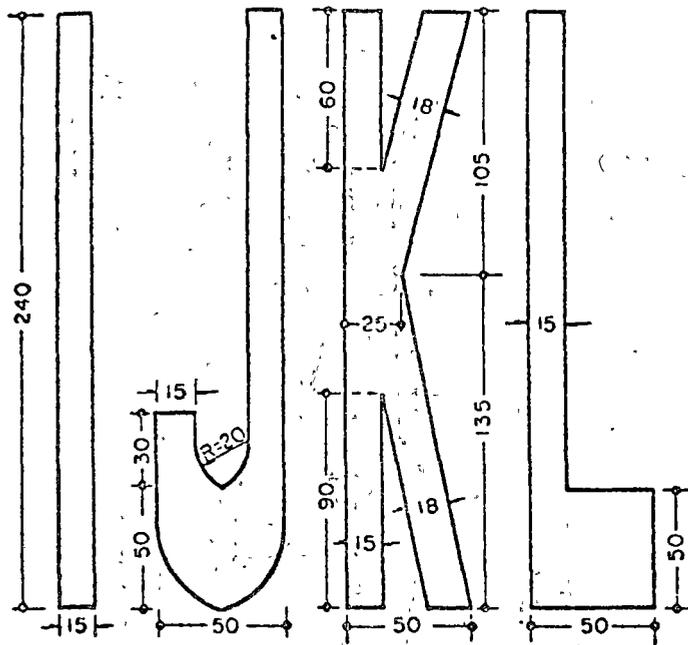


COMO LAS VE EL USUARIO

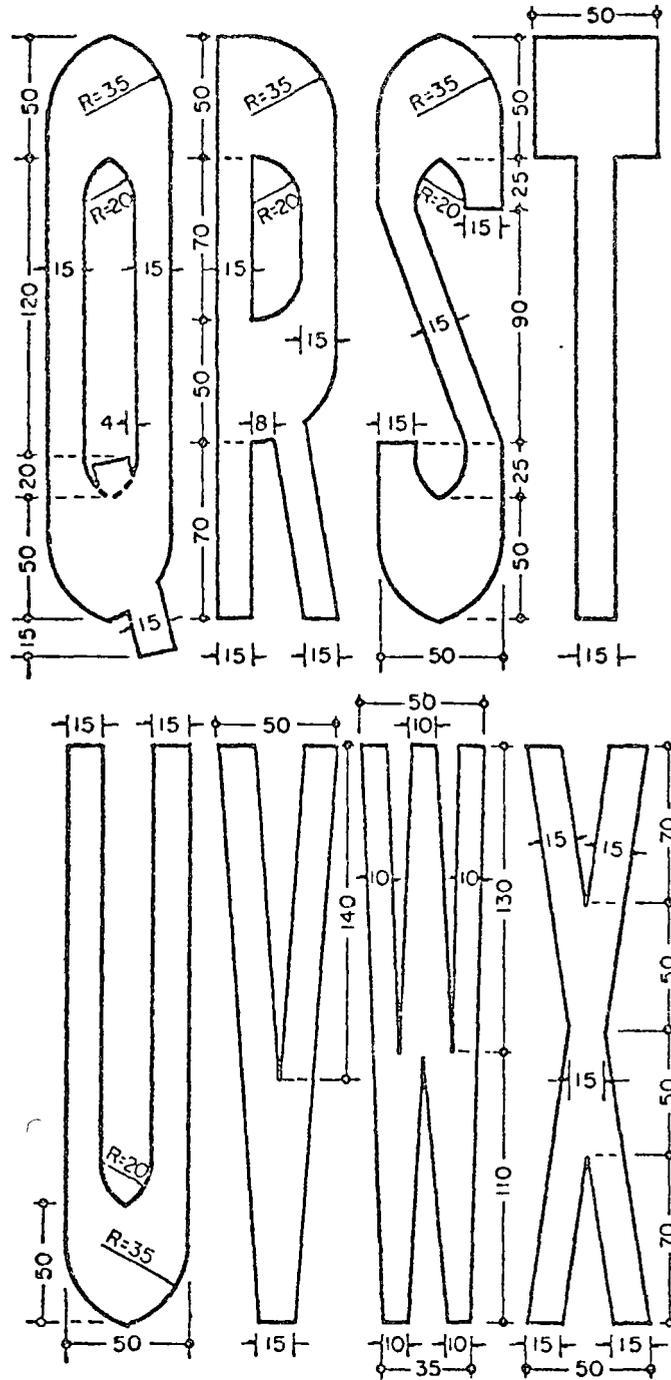
ALFABETO PARA MARCAS SOBRE PAVIMENTO



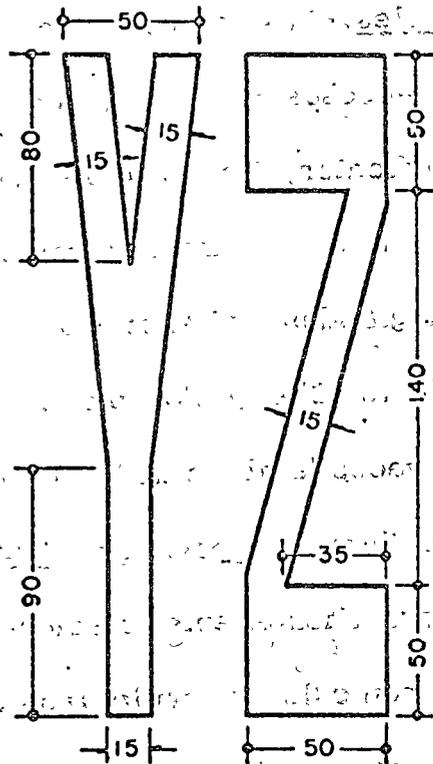
Dimensiones en centímetros



Dimensiones en centímetros.



Dimensiones en centímetros.



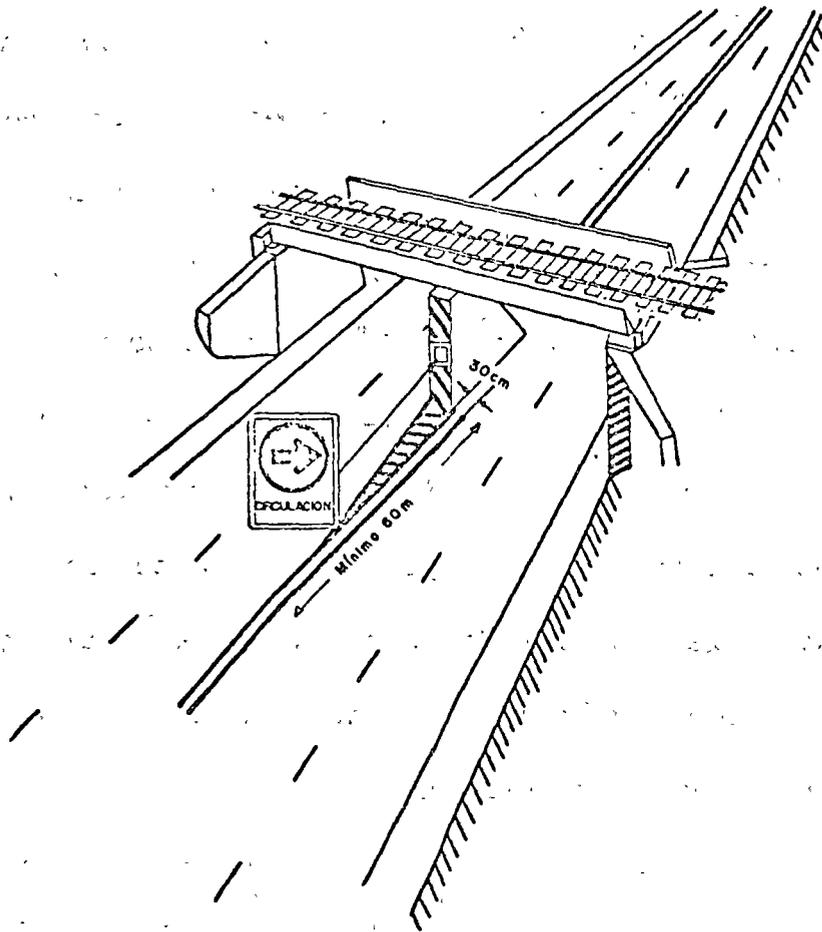
Dimensiones en centímetros.

El estacionamiento "en batería" (en ángulo) debe evitarse y solo podría justificarse en casos cuando el pavimento es de más de 20 m de ancho, con tránsito poco intenso y bajas velocidades.

Marcas para regular uso de carriles.- Estas marcas deben ser blancas se usan solo en zona urbana en accesos a una intersección, para complementar las señales correspondientes, indicando diversos movimientos que se permitan a ciertos carriles. El número de palabras debe ser el mínimo, con números o letras grandes y si es más de una palabra, éstas deberán leerse hacia adelante. El espacio libre entre renglones debe ser como mínimo de cuatro veces la altura de las letras.

Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamiento.- Los lugares donde esté prohibido legal y permanentemente estacionarse, deberán marcarse sobre las guarniciones con color "amarillo tránsito", cubriendo la cara vertical y la cara horizontal de la guarnición.

Marcas en obstáculos.- Cuando existan obstáculos dentro o adyacentes a la vía de circulación, que signifiquen peligro para el tránsito, tales como: pilas o estribos de puentes en pasos inferiores, monumentos, isletas, semáforos, soportes de señales elevadas, extremos de parapetos, postes, árboles rocas o estructuras con altura libre reducida, deben marcarse para precaución de los usuarios. Deben pintarse o colocarse un indicador de peligro, independientemente de marcar rayas de aproximación a obstáculos. Cuando el obstáculo esté directamente sobre la línea de tránsito, puede emplearse un semáforo de destello de color ambar.



Marcas en obstáculos situados dentro de un camino y adyacente al mismo.

Si son obstáculos adyacentes a la vía, se deben marcar con rayas blancas y negras diagonales, sin son obstáculos cercanos a la vía, deben pintarse en color blanco.

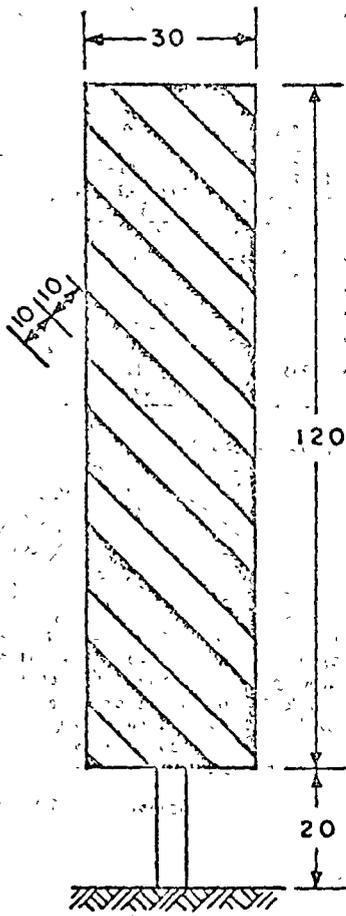
Indicadores.- Existen indicadores de peligro que se muestran en hoja anexa, e indicadores de alineamiento (fantasmas), que se emplean para delinear la orilla de una vía de circulación en cambios del alineamiento horizontal, para señalar muros de cabeza de alcantarillas cuando queden dentro de los acotamientos, o para marcar estrechamientos de la vía, en este último caso, se colocarán a ambos lados en la orilla, antes y después del estrechamiento, a cada 5 mts. en una longitud de 50 mts. Estos indicadores tienen características y dimensiones que se marcan en página anexa, pintados con una franja negra en la parte inferior y una franja reflejante cerca de la parte superior.

ISLETAS.- Son superficies limitadas, situadas en las intersecciones de vías de circulación o en sus inmediaciones, que sirven para hacer mas seguro o expedito el Tránsito de vehículos, o para refugio de peatones. Se consideran como parte de la isleta, las protecciones en los extremos, así como las marcas que indican la proximidad de la misma.

Se clasifican en:

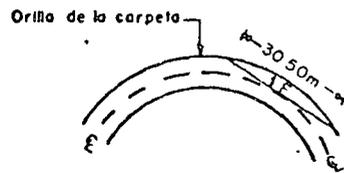
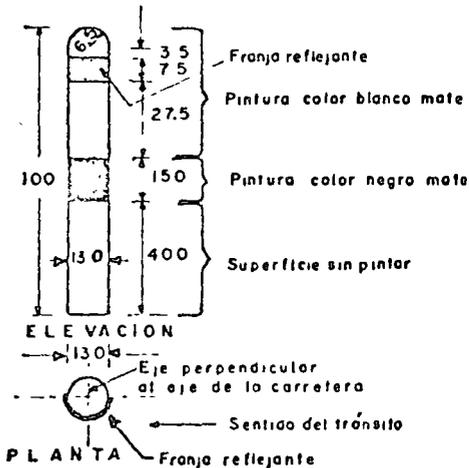
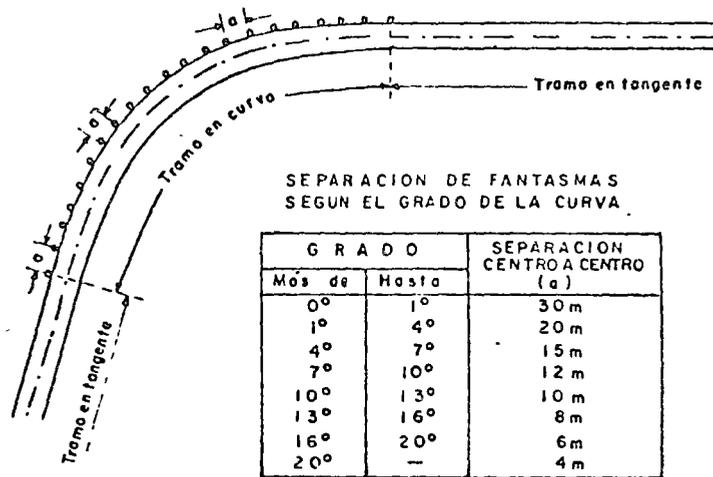
Isletas de refugio, cuando son areas para servicio y seguridad de los peatones.

Isletas separadoras, cuando están situadas longitudinalmente a la vía, y separan el tránsito del mismo sentido o de sentido contrario.



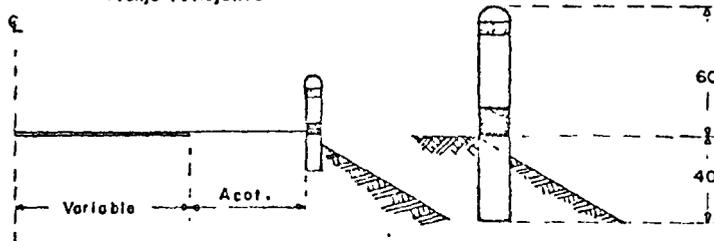
INDICADOR DE PELIGRO

COLOCACION DE INDICADORES DE ALINEAMIENTO (FANTASMAS)



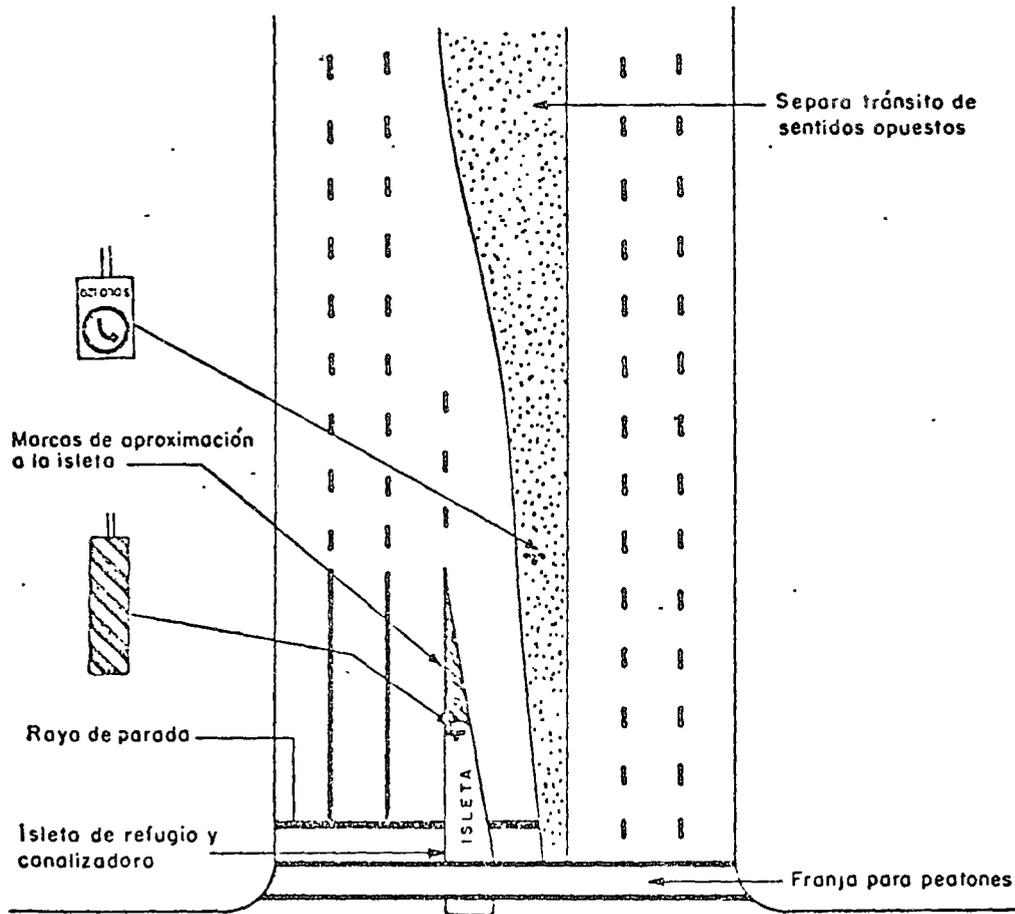
Para obtener en el campo, con bastante aproximación, el grado de una curva circular para determinar el espaciamiento de los fantasmas, puede seguirse el procedimiento mostrada en la figura, siendo el grado de la curva igual a los decímetros que mida la flecha F.

Ejemplo - $F = 0.85 \text{ m} = 85 \text{ dm}$
 $G = 5^\circ 30'$

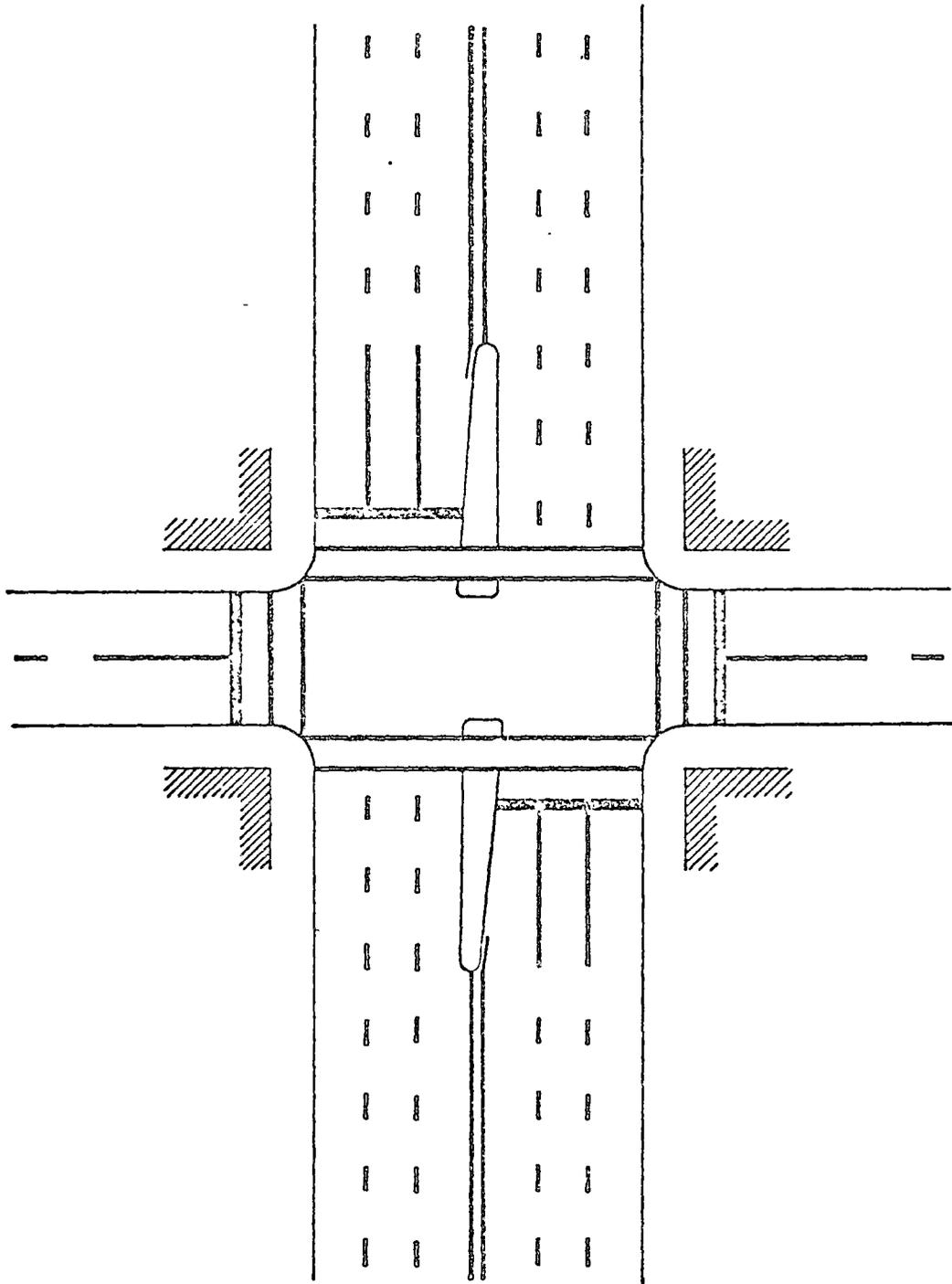


NOTAS :

- 1.- Los fantasmas se construirán de acuerdo con el proyecto.
- 2.- Todas las aclaraciones están en centímetros, excepto las indicadas en otra unidad



Isleta de refugio que sirve también como isleta canalizadora, con una faja al nivel del pavimento. La aproximación a la isleta se indica con rayas en el pavimento.



Isletas de refugio con una faja al nivel del pavimento, situadas en el eje de una avenida.

Isletas Canalizadoras, cuando tienen por objeto encauzar el tránsito en la dirección adecuada, principalmente para dar vuelta.

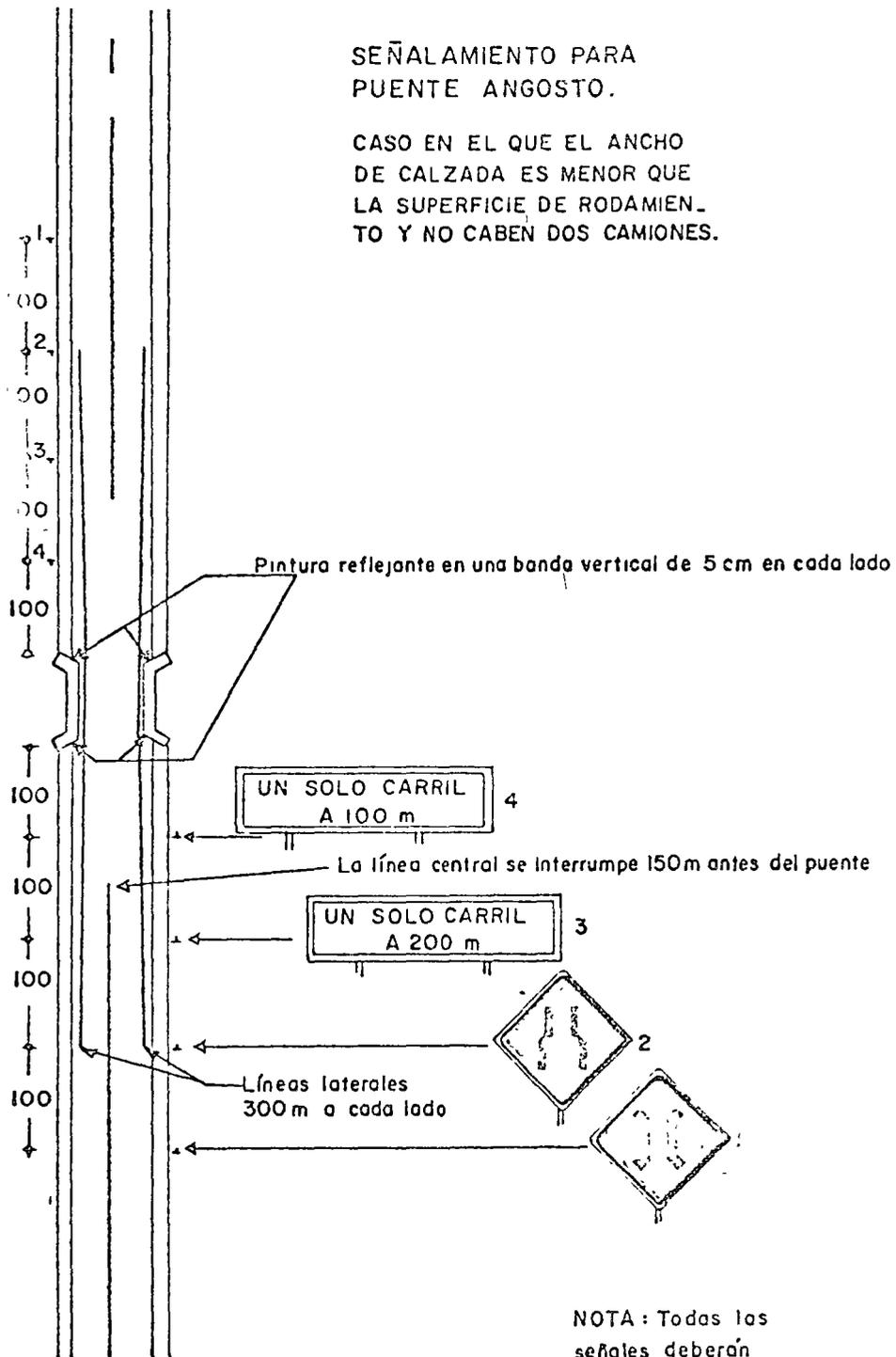
El proyecto de las isletas, toma en cuenta en forma importante elementos como: Función, tamaño, situación y características de la superficie; algunos proyectos son previos a la construcción de las vías que forman la intersección, pero en ocasiones pueden ser sobre vías ya construidas, para mejorar las condiciones de transitabilidad ya existentes. El proyecto de las isletas, deberá observar que su forma se adapta a las trayectorias naturales del tránsito, para que cuando sobresalgan del nivel de la superficie de rodamiento, no constituyan un peligro. Las isletas deben ser perfectamente visibles, así como los dispositivos que indiquen su proximidad, con lo que se evitan sorpresas a los conductores, no deben ser tampoco tan pequeñas y deben evitar que los vehículos pasen sobre ellas.

Las isletas se delimitan con guarniciones, rayas sobre pavimento, topes de fierro, tachuelas, etc., pero cuando se usen para refugio de peatones, o para instalación de dispositivos para control del tránsito, invariablemente deben delimitarse con guarniciones de paramento vertical, para que no puedan subirse los vehículos.

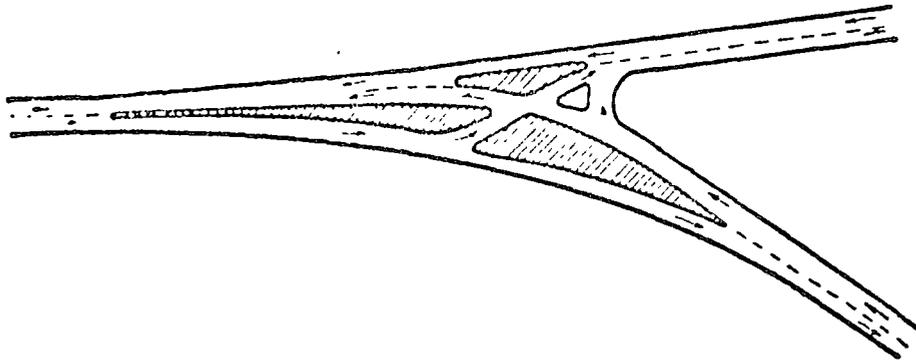
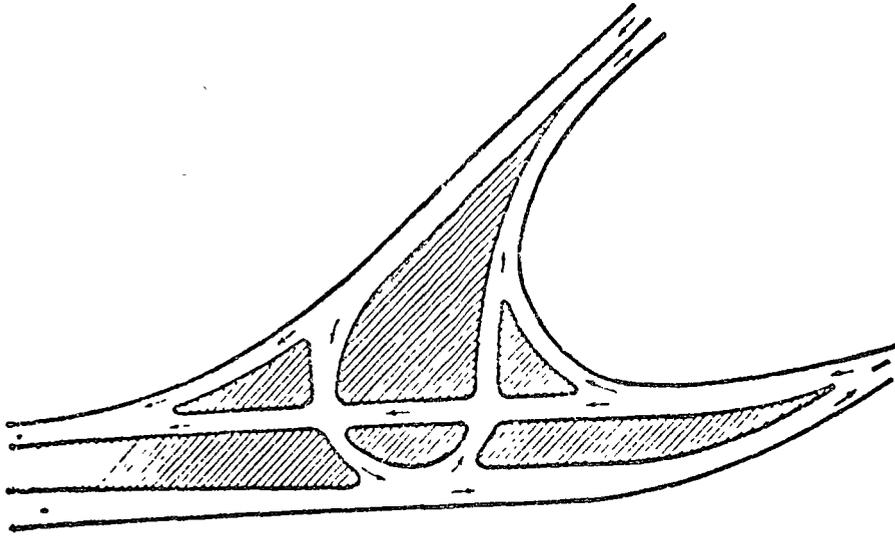
Las isletas generalmente están situadas fuera de las trayectorias normales de los vehículos y deben proyectarse como parte integrante de la intersección, o de la calle; deben procurarse isletas grandes en lugar de varias pequeñas y sus formas generalmente son: triangular, alargada o de bulbo.

SEÑALAMIENTO PARA PUENTE ANGOSTO.

CASO EN EL QUE EL ANCHO
DE CALZADA ES MENOR QUE
LA SUPERFICIE DE RODAMIENT.
TO Y NO CABEN DOS CAMIONES.



NOTA : Todas las
señales deberán
ser reflejantes



ISLETAS CANALIZADORAS PARA ENTRONQUE EN "Y"

En condiciones rurales, el area mínima de isleta debe ser de 7.0 mts² y en condiciones urbanas el area mínima puede ser hasta de 3.0 mts.² cuando la isleta es alargada sus dimensiones deben ser ancho de 1.20 mts. y longitud 6.00 mts. pero si el espacio está restringido, pueden reducirse hasta a 0.60 mts. y 5.00 mts. respectivamente.

Indicadores de proximidad de una isletas.- Deben proyectarse cuidadosamente para advertir la presencia de una isleta a los conductores. Existen varios sistemas separados o combinados para guiar el tránsito alrededor de ella:

- A.- Marcas en el pavimento
- B.- Marcas en obstáculos y guarniciones
- C.- Señales
- D.- Indicadores
- E.- Semáforos de destello
- F.- Pavimentos contrastantes en colores o texturas
- G.- Bordos de concreto, topes o tachuelas
- H.- Dispositivos de iluminación

Las isletas, los carriles adyacentes y las marcas de aproximación, deben ser claramente visibles durante la noche, por lo que conviene usar marcas reflejantes cuando no haya alumbrado o que éste sea insuficiente.

Cuando la isleta está entre carriles del mismo sentido, debe protegerse el extremo de acercamiento con señales o marcas reflejantes.

Si es necesario que los vehículos circulen solo por el lado derecho y si la isleta mide 0,90 mts. de ancho o más, debe colocarse en el extremo la señal (SR-11) de CIRCULACION y si mide menos, puede señalarse solo con un indicador de peligro. La proximación de la isleta debe marcarse con rayas pintadas en el pavimento (ya se habló de esto) y con pintura amarilla reflejante en la guarnición si ésta es la única obstrucción.

Como caso especial de isleta de refugio, puede señalarse cuando se utilizan para ascenso y descenso de pasajeros, en este caso se les llama también isletas de pasajeros.

Elementos para proyecto de isletas de refugio.- Estas isletas se emplean en zonas urbanas, en calles muy anchas y en intersecciones amplias o de forma irregular, donde los peatones y el tránsito de vehículos hagan difícil y peligroso el cruce de trausentes. Estas isletas no deben ubicarse en zonas donde no es posible dejar dos carriles de circulación de frente entre ellas y la banqueta u otra isleta. Generalmente estas isletas se sitúan en el eje de una vía de circulación o en zonas donde no constituyan un peligro para los vehículos. En zonas donde los vehículos circulan a gran velocidad o que sea intenso el volumen de tránsito de peatones, la protección de estos debe ser con semáforos o paso a desnivel; en intersecciones donde existen semáforos, las isletas de refugio se usan para facilitar el movimiento de los vehículos, estableciendo zonas de seguridad entre las diferentes corrientes de tránsito.

Como estas isletas deben ser de plataforma elevada, en una parte de la misma sobre la faja de trausentes se conservará a nivel del pavimento para el paso -

de cochecitos para niños y sillas de ruedas para lisiados. Estas isletas deben medir un ancho de 1.20 m a 1.80 m y longitud mínima de 3.60 m o igual a la faja para cruce de peatones, si ésta es mayor.

Elementos de proyecto para isletas separadoras.- Estas se colocan longitudinalmente a modo de camellón, para separar las corrientes de tránsito; frecuentemente antes de una intersección para dividir el tránsito de sentidos opuestos; en ocasiones en carriles del mismo sentido, como cuando separan tránsito que seguirá de frente y tránsito que dará vuelta; para guiar al tránsito a los lados de algún obstáculo o en las salidas laterales para paradas de autobuses. Aunque una isleta separadora colocada en la parte central del camino, puede impedir a los vehículos dar vuelta a la izquierda y en ocasiones originar rodeos, esto es necesario si se desea dar seguridad o aumentar la capacidad de la vía.

Las funciones mas importantes son:

- A.- Establecer una zona aislada entre las corrientes de tránsito en sentido contrario
- B.- Cuando tienen anchura suficiente, proporcionar al tránsito, protección y control para cruzar o dar vuelta, adelgazándola para formar un carril separado de los demás.
- C.- Proporcionar refugio a peatones y reducir la necesidad de semáforos
- D.- Permitir una colocación mas efectiva de señales o semáforos para regular el movimiento de vehículos

E.- Hacer posible que el tránsito se desplace con seguridad a las velocidades establecidas.

Su anchura debe ser de 6.00 m. para poder adelgazarla a permitir otro carril o 3.60 m. sin permitir esto último. Cuando el ancho de la calle no permite isleta separadora por lo menos de 1.20 m. de ancho mínimo limitada con guarniciones, pueden emplearse topes, tachuelas o rayas en el pavimento.

Elementos de proyecto para isletas canalizadoras.- La principal función de estas isletas, es encauzar el tránsito dentro de carriles apropiados para determinadas rutas; se ubican generalmente en áreas amplias para formar corrientes ordenadas de tránsito; en algunos casos es necesario ajustar la forma de la isleta en el lugar, por medio de sacos de arena, conos de hule, etc;

antes de hacer la construcción definitiva. El tamaño y la forma varían según las condiciones de la intersección. Un mínimo de isletas canalizadoras logra un mínimo de complicaciones del tránsito. La superficie de estas isletas debe tener color y textura que contrasten con el pavimento adyacente.

Obras diversas.- Son aquellas que se construyen, colocan o dejan dentro de una obra vial o en sus inmediaciones, para proteger a los vehículos y peatones y/o dar mayor fluidez del tránsito.

Por su función, se clasifican en:

A.- Fajas Separadoras del Tránsito

1.- Camellones

2.- Barreras Centrales

3.- Terreno natural o acondicionado

B.- Defensas Laterales

C.- Vibradores

D.- Bordos

E.- Reglas para vados

F.- Cercas

G.- Guardaganados

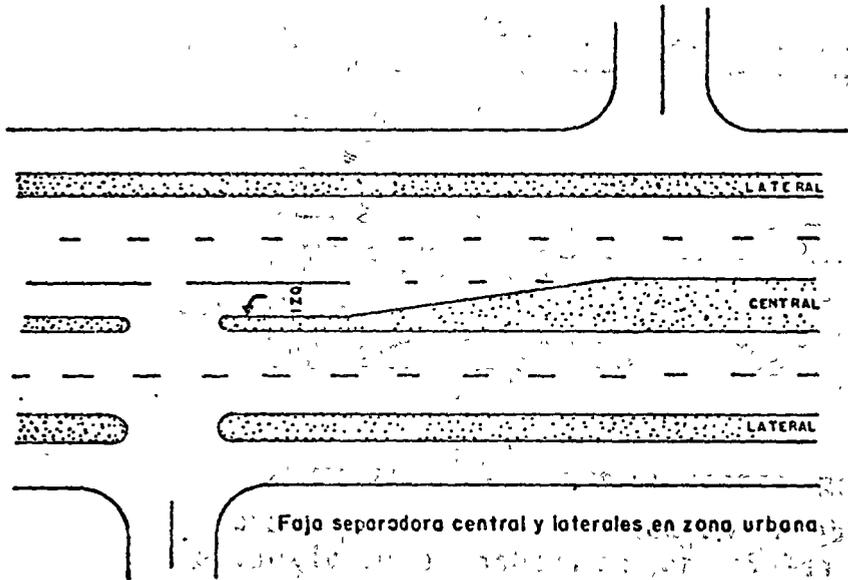
Camellos.- Se usan a lo largo de la vía en el centro y/o a los lados; limitados por guarniciones que sobresalgan de 15 a 20 cms. de la superficie del pavimento; pueden ser pavimentados, zampeados o con cualquier forestación.

Barreras Centrales.- Se colocan en vías de cuatro o mas carriles, para separar el tránsito de sentidos opuestos y como complemento de fajas separadoras cuando lo permiten las condiciones económicas. En página por separado se ilustran algunos ejemplos. En el extremo de donde se acerca el tránsito, el límite de la defensa se empotra al suelo.

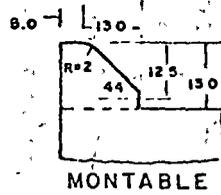
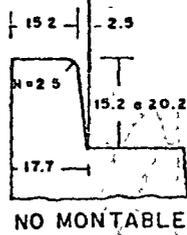
Faja Separadora con terreno natural.- Se usa cuando la topografía del terreno lo permite haciéndolo mas económico, considerando el aspecto ornato, drenaje y seguridad. Generalmente tienen forestación.

Defensas Laterales.- Son dispositivos, para hasta donde es posible, evitar que los vehículos se salgan del camino, por ello se colocan en los lugares de mayor peligro.

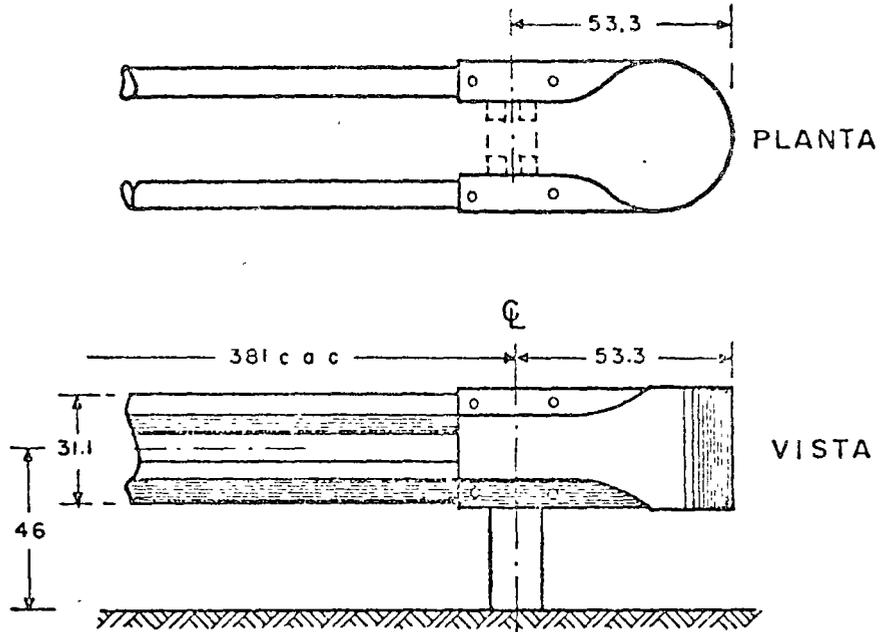
CAMELONES



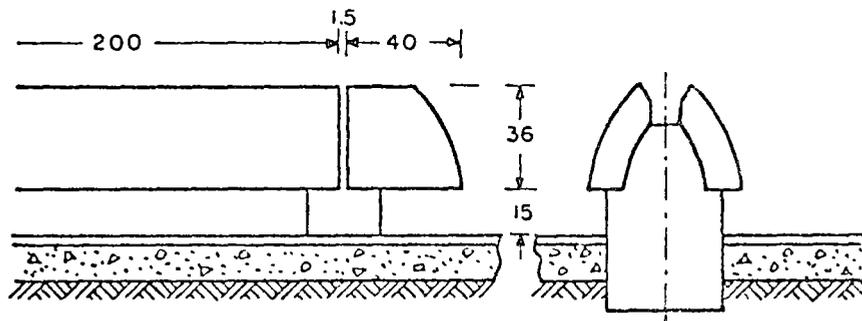
TIPOS DE GUARNICIONES



DIVERSOS TIPOS DE ACABADO DE CAMELONES



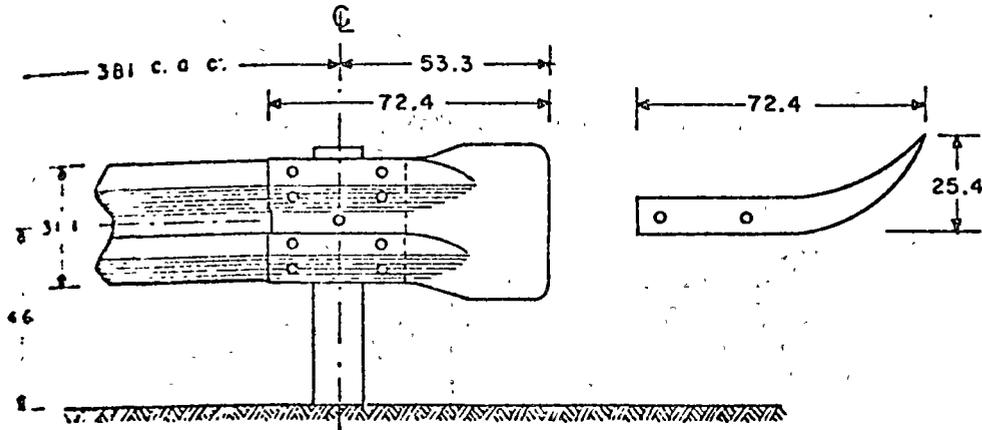
De lámina acanalada galvanizada y postes de concreto reforzado, de madera o de viguetas de fierro.



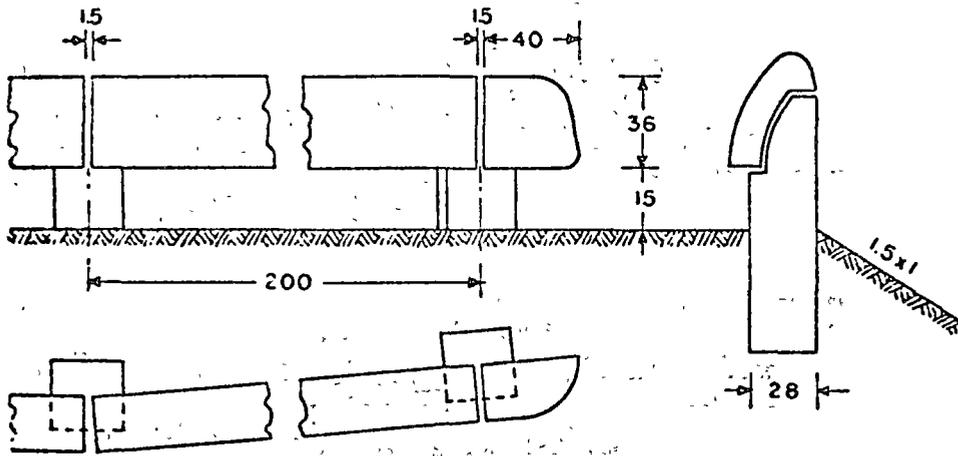
De vigas y postes de concreto reforzado

NOTA: Las dimensiones están en centímetros

BARRERAS CENTRALES



DE LAMINA GALVANIZADA

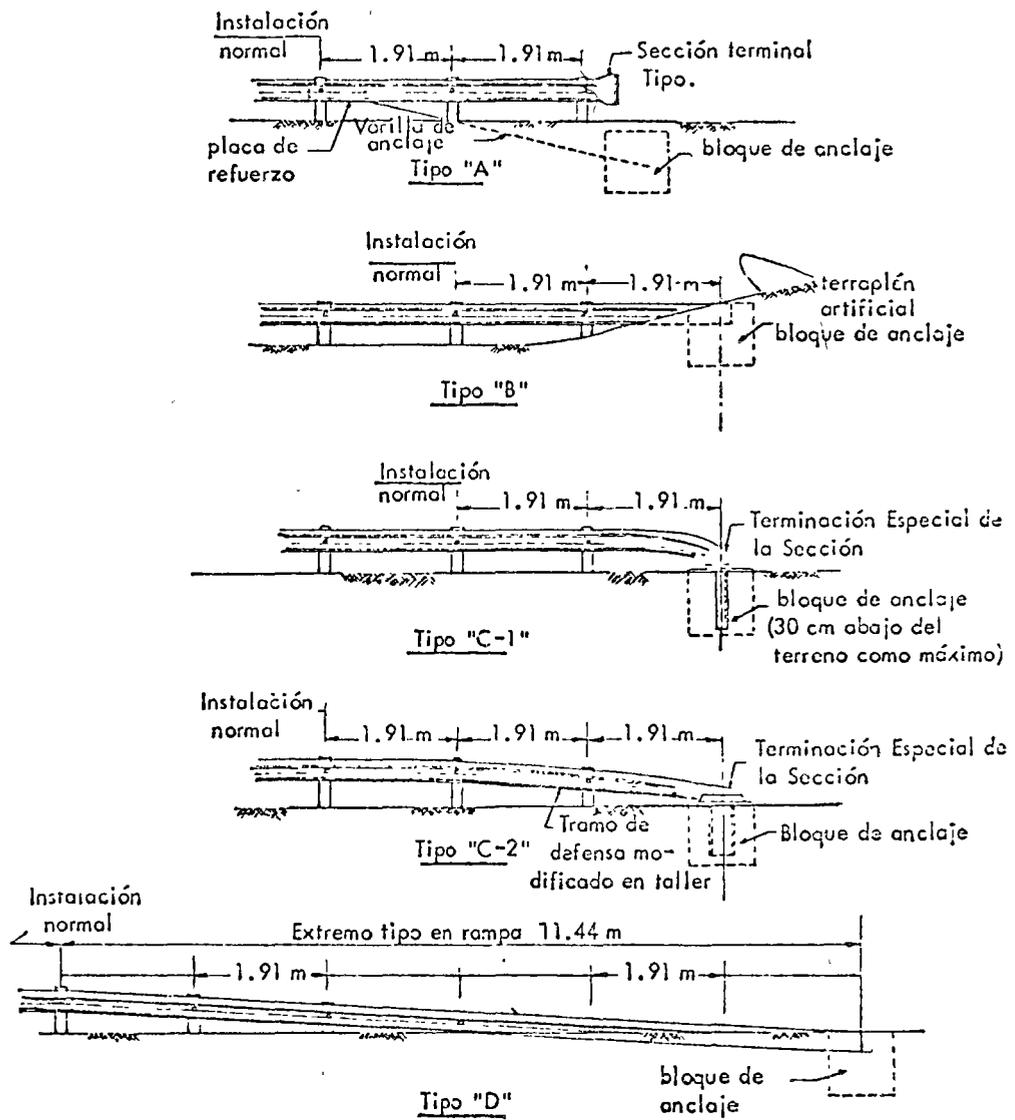


DE CONCRETO REFORZADO

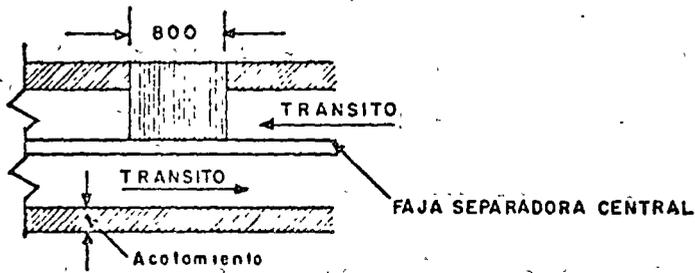
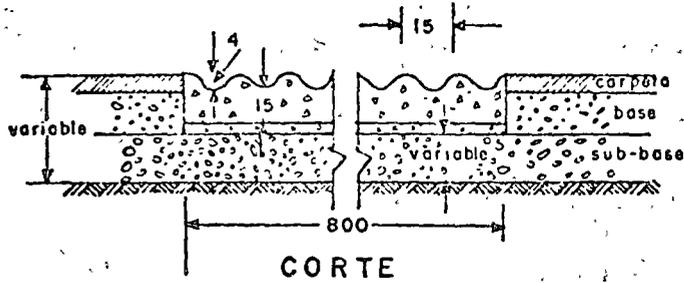
NOTA: Las dimensiones están en centímetros

DEFENSAS LATERALES

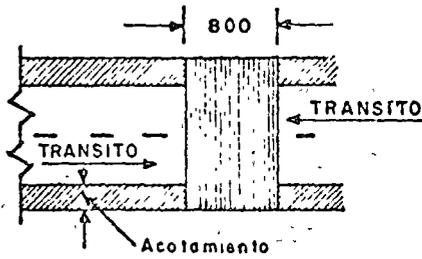
FORMAS DE ANCLAJE DE EXTREMOS DE DEFENSAS



V I B R A D O R E S .



VIBRADORES CUANDO EXISTE FAJA SEPARADORA CENTRAL



VIBRADORES CUANDO HAY RAYA CENTRAL

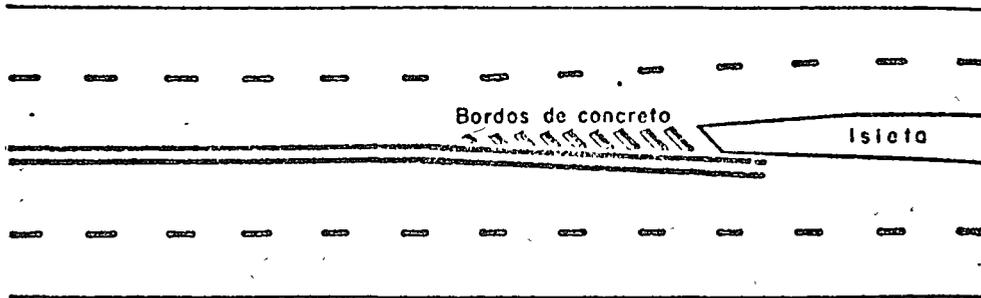
Se colocan en la orilla exterior de las curvas peligrosas o en tangentes con terraplenes altos, en una o ambas orillas. En página por separado se ilustran algunos ejemplos. Los extremos deben empotrarse al suelo.

Bordos.- Son elementos de forma alargada y poca anchura con altura arriba de la superficie de rodamiento, no mayor de 7 cms. con longitud variable; se emplean únicamente en zona urbana y para indicar la proximidad a una isleta o para encauzar los vehículos en las salidas de vías de alta velocidad. Estos bordos se usan a semejanza de la pintura "cebreada"

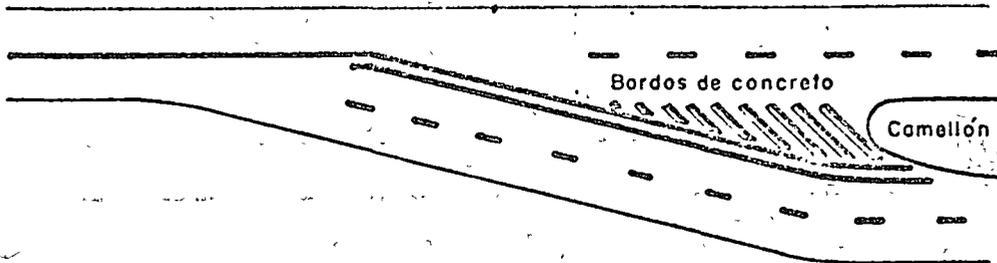
Reglas para vados.- Se utilizan para marcar el tirante máximo de agua que se encuentra en el vado. Son reglas graduadas fijas a postes. En página anexa por separado se ilustran dimensiones y colocación.

Cercas.- Son dispositivos formados por postes de concreto hidráulico, metálicos o de madera, con distancias entre ellos, de 3 mts. a 5 mts. que sostienen hilos de alambre de puas espaciados cada 25 cms. a 40 cms. o tela de alambre. Se colocan en los límites del derecho de vía a ambos lados del camino. La tela de alambre se usa en autopistas a su paso por zonas urbanas.

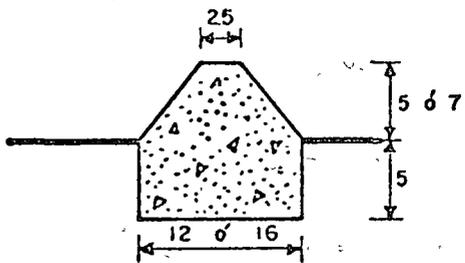
Guardaganados.- Son estructuras que se construyen para evitar que el ganado entre a los caminos, o pase por las puertas para entrada de peatones a los paraderos de autobuses. Sus dimensiones son según la corona del camino o del ancho de las puertas.



En la aproximación a una isleta o camellón



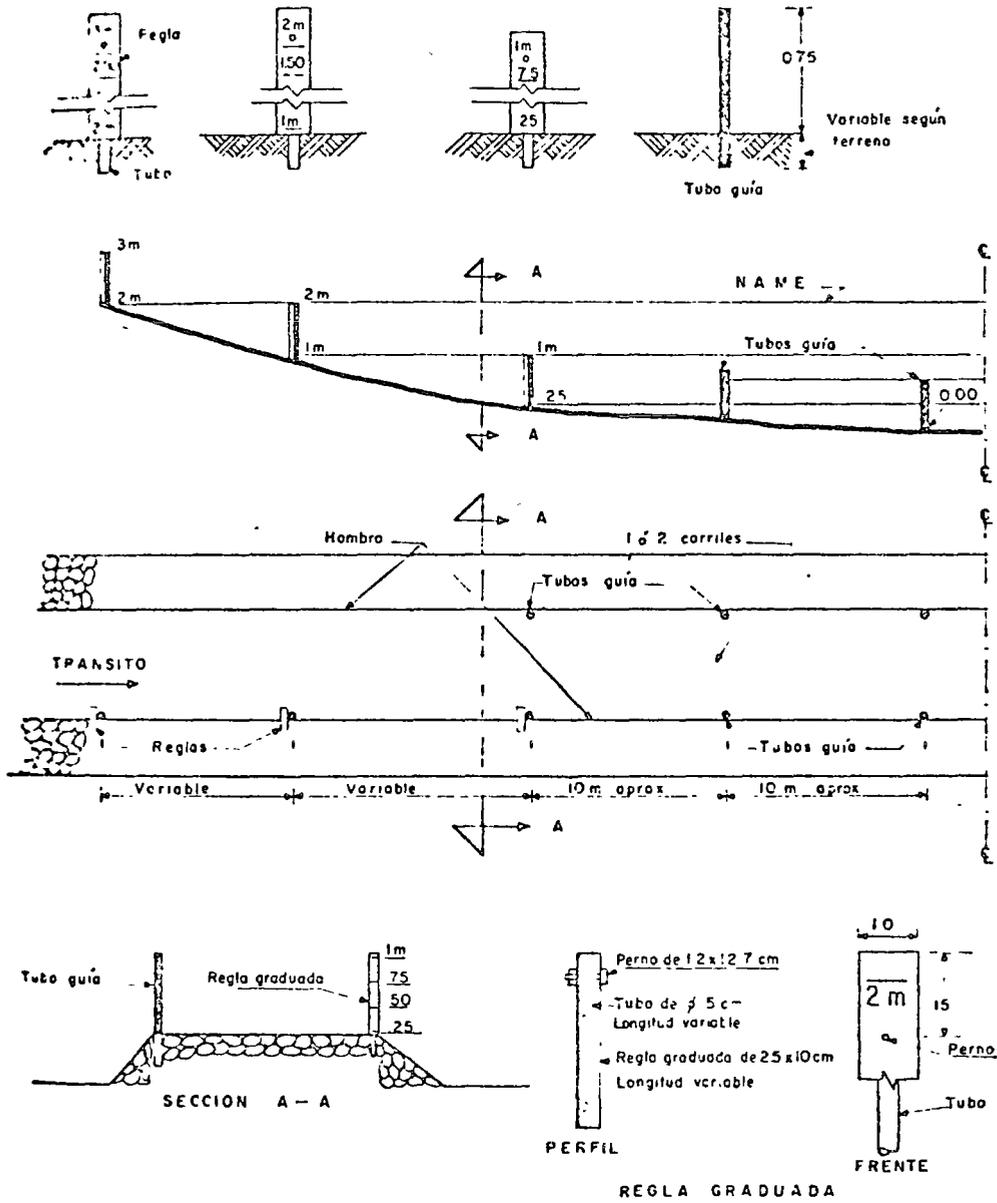
En la transición de un camino de dos carriles a cuatro, con camellón



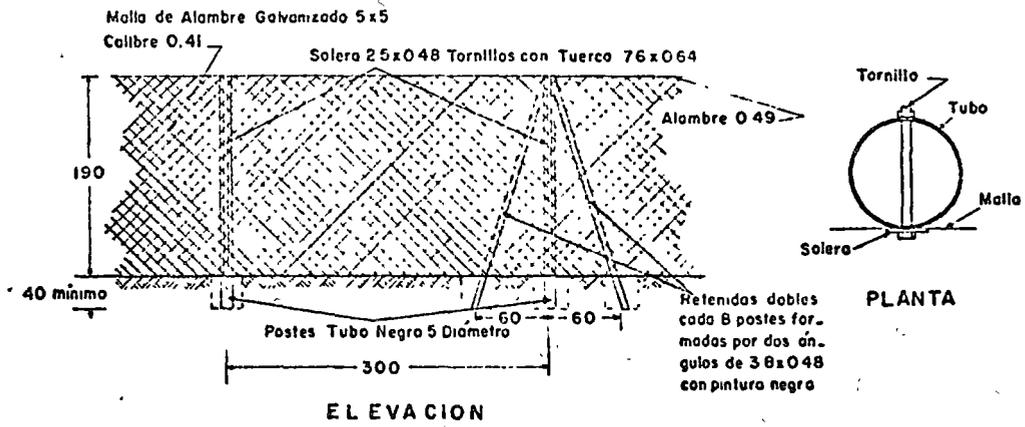
NOTA: Dimensiones en centímetros

SECCION DE UN BORDO

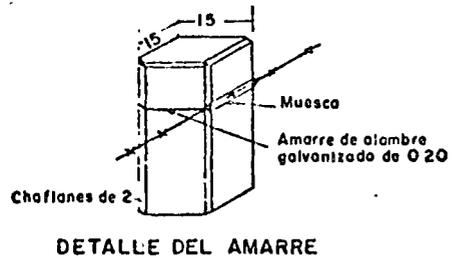
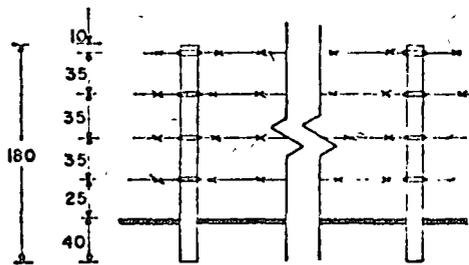
B O R D O S D E C O N C R E T O



REGLAS PARA VADOS



DE POSTES DE TUBO Y MALLA DE ALAMBRE



DE POSTES DE CONCRETO Y ALAMBRE DE PUAS

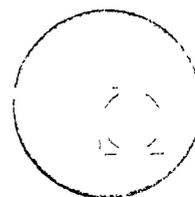
NOTA: Dimensiones en centímetros

CERCAS





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL
TRANSITO

Introducción al Control del Tránsito por Computadora

Dr. Alejandro Martínez M.

INTRODUCCION AL CONTROL DEL TRANSITO POR COMPUTADORA.

Por A. Martínez- Márquez, Dr. en Ing.*

Objetivo

La intención de este documento es presentar al lector un conjunto de ideas acerca del control del tránsito por computadora, que le permitan adquirir un nivel general de comprensión tal, que le sea posible percibir sus ventajas relativas, así como detectar la factibilidad de su aplicación a una cierta situación particular.

Para lograr este objetivo será necesario discutir con cierta amplitud la - - problemática del tránsito urbano considerando un conjunto de soluciones factibles aplicables a situaciones reales. También será necesario presentar con enfoque funcional la participación de la computadora digital en el diseño de estrategias de control del tránsito en diferentes modalidades (selección de programas, en tiempo real, etc.) y su implementación en la situación real.

En el desarrollo de este documento se presentarán algunas ideas acompañadas de algún desarrollo analítico. Sin embargo, la matemática empleada será de - un nivel comprensible por un Ingeniero Civil, por ejemplo. En ocasiones se formulará en sentido crítico alguna opinión, sobre todo con el propósito de -- invitar al lector a adoptar un punto de vista mesurado que le haga considerar, en su correcta dimensión, cada uno de los aspectos que presenta un sistema de control del tránsito por computadora.

*Profesor en Ingeniería Civil del Instituto Politécnico Nacional, México, 1975.

Introducción.

Sin lugar a dudas la situación que actualmente viven las grandes ciudades, en el aspecto del tránsito, deriva del exagerado crecimiento anual del número de vehículos en circulación, aunado a la inadecuación del trazo urbano o, en ocasiones, insuficiencia del mismo. Existen, al menos en apariencia, dos enfoques posibles para la solución del problema. El primero consiste en modificar, y a veces drásticamente, la red urbana, para obtener, derrumbando edificios, monumentos y destruyendo parques y jardines, algo de espacio adicional para que puedan circular más rápidamente los vehículos. El segundo enfoque consiste en buscar el aprovechamiento máximo de la capacidad de la red urbana para el movimiento de los vehículos, mediante un encauzamiento del flujo vehicular, que a veces puede requerir un énfasis mayor hacia la -transportación masiva, y la introducción de sistemas de regulación o control dinámico del tránsito, con los que se pretende agilizar el flujo.

Dependiendo de la situación particular a considerar, puede ocurrir que ambos enfoques sean necesarios, de modo que el primero pudiera aportar una solución cuya vida útil fuera mayor que la del segundo, aunque eventualmente se alcanzara el punto en el que la solución aportada por el segundo enfoque fuese imprescindible. En otras ocasiones puede ocurrir que la adopción de la solución basada en el segundo enfoque sea de tipo paliativo difiriendo para un futuro próximo la adopción de una solución más radical.

En realidad la adopción de uno u otro enfoque no es cuestión de preferencia sino que resulta ser una cuestión de orden técnico que debe plantearse el Ing. de --

Tránsito, contemplando suficientemente las diferentes implicaciones y las limitaciones inherentes a cada tipo de solución. La estimación de la relación costo / beneficio, obtenida para períodos dentro de los cuales los pronósticos son confiables, siempre será una adecuada guía en el proceso de evaluación de alternativas de solución.

Solamente por sugerir una idea, de tipo superficial, acerca de la operación de un sistema de control del tránsito por computadora, puede decirse que este sistema se encarga de realizar tareas semejantes a las de un I. de tránsito, responsable de diseñar una estrategia de operación para un conjunto de semáforos. La computadora imita entonces la inteligencia del técnico para formular decisiones simples. Para ésto la computadora ha de ser programada y quien lo haga deberá disponer de la información y criterios de decisión que emplea el ingeniero de tránsito. El técnico especialista en programación de computadoras poco puede hacer en el aspecto del control del tránsito sin una adecuada preparación en I. de tránsito, de la misma manera que lo inverso también resulta cierto.

Aceptando que la programación de una computadora, destinada al control del tránsito, es una imitación de la actividad intelectual de un I. de tránsito, generalmente se presentan tres alternativas en su realización dado que es virtualmente difícil encontrar un especialista en I. de tránsito que también lo sea en computación. Tales alternativas son: a) La programación mecanizada de soluciones obtenidas en libros de texto carentes del criterio y experiencia del I. de tránsito de la ciudad; b) La formación de equipos de trabajo bi-disciplinarios con las inherentes dificultades para lograr un lenguaje común; y c) La intervención de especialistas en I. de sistemas o Investigación de Opera-

ciones tratando de encontrar soluciones quizá buenas pero demasiado elaboradas, y a veces fuera de alcance del l. de tránsito. Los resultados de alguna de estas alternativas afectan, sin embargo, a una buena cantidad de conductores y algo debiera hacerse para lograr un efectivo sistema de programación ampliamente probado y experimentado. En E.E.U.U., bastante se está haciendo en esa dirección con el proyecto UTCS (Urban Traffic Control System) en la Cd. de Washington D.C.

En el desarrollo de este documento se busca adoptar un enfoque cualitativo - basado en la experiencia que ha acumulado el autor durante la fase experimental del Sistema Coautrán (Control Automático del Tránsito) que opera la D. Gral. de Ing. de Tránsito y Transportes del D.D.F.

Basicamente discutiremos, en ocasiones con sentido crítico, los conceptos e ideas que usualmente se incorporan a los sistemas de control de tránsito y lo que resulta de su implementación en la calle. Con tal propósito se menciona, en primer lugar, el concepto de coordinación en una avenida con flujo vehicular en dos sentidos, para después considerar el mismo concepto aplicado a redes urbanas pero utilizando diferentes tipos de aproximación. Estas aproximaciones derivan del empleo de estructuras tales como "trayectoria", "árbol", "subred" y "red" empleadas en la Teoría de Redes. Concluimos entonces el documento con una discusión complementaria que refleja la tendencia actual en el desarrollo de sistemas de control del tránsito por computadora.

Conviene advertir al lector que algunos temas que aqui se tratan justifican, y ampliamente, un desarrollo más completo. Sin embargo en virtud de la breve-

dad, que necesariamente debe tener este documento, no es posible otorgar a esos temas el espacio requerido. La bibliografía al final puede ser de utilidad al lector interesado en conocer algo más del tema que aquí se presenta.

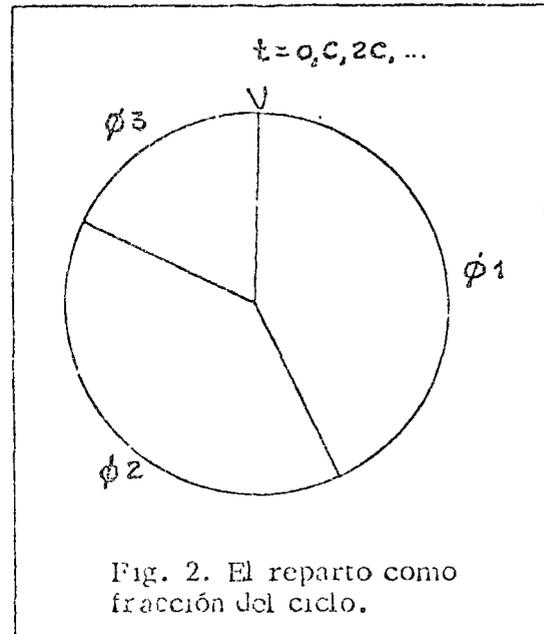
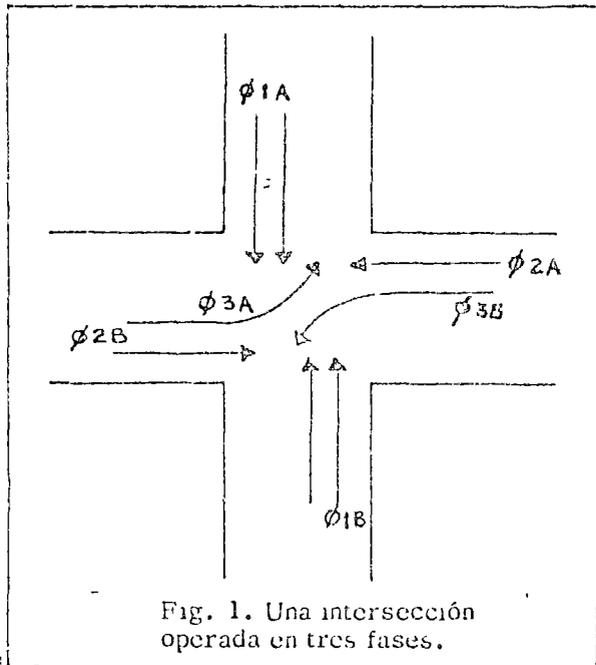
Revisión de algunos conceptos importantes.

Antes de emprender en forma algo más definitiva el desarrollo del tema -- conviene revisar los conceptos de tiempo de ciclo, reparto y desfasamiento. Decimos que el conjunto de estos valores para una red urbana o parte de ella corresponden a una estrategia de control del tránsito.

Tiempo de ciclo. En una intersección cualquiera como la que aparece en la Fig. 1, la luz verde se enciende de acuerdo con una cierta secuencia para -- permitir el paso de los vehículos que llegan a ella. Concluido el tiempo de -- verde se enciende la luz ámbar durante un lapso breve (del orden de 2 a 3 segundos) antes del encendido del rojo en un mismo semáforo. Al tiempo que transcurre desde que en un cierto semáforo se enciende la luz verde, por -- ejemplo, hasta que se vuelve a encender la misma luz (después de haber ocurrido los cambios necesarios de luz), se le llama tiempo de ciclo.

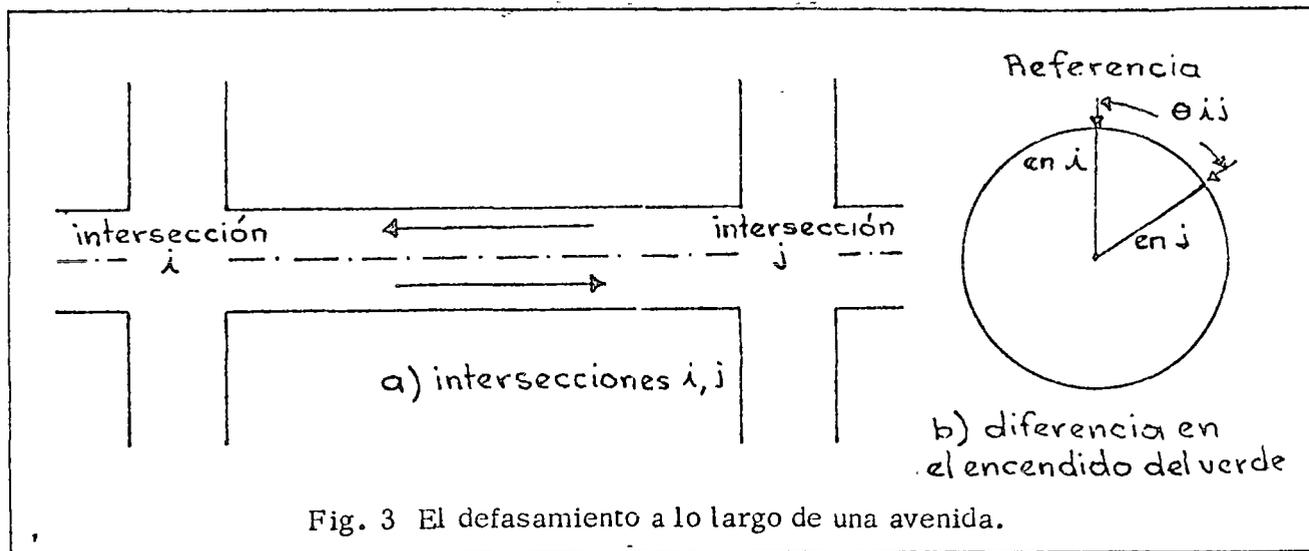
Reparto. En la intersección de la Fig. 1 se aprecian seis movimientos vehiculares diferentes que pueden agruparse en tres fases, dentro de las cuales se -- realizan aquellos movimientos que son compatibles, de modo que pueda evitar se la ocurrencia de accidentes. En la Fig. 1 los movimientos compatibles en la fase 1 se designan como \emptyset_{1A} y \emptyset_{1B} . En forma correspondiente los de las -- fases \emptyset_2 y \emptyset_3 . En la fig. 2 se muestra la porción de un ciclo que , en tiempo de verde, se asigna a cada fase, suponiendo que estas ocurren en el orden \emptyset_1 , --

ϕ_2, ϕ_3 . Una cierta combinación de estas porciones de tiempo se denomina como un reparto. El que aparece en la Fig. 2 ilustra el caso en que se asigna mayor tiempo de verde a un acceso que al otro. Las vueltas a la izquierda tienen el tiempo menor de verde y no se ilustran los tiempos de ámbar que se consideran parte del verde.



Desfasamiento Al conducir a lo largo de una calle o avenida generalmente se aprecia que el encendido del verde en una intersección, ocurre antes o después de que se encienda el verde en la siguiente intersección. Esta diferencia en el tiempo de encendido se denomina desfasamiento. Cuando el encendido del verde en las dos intersecciones ocurre al mismo tiempo el desfasamiento es cero. Para designar el desfasamiento empleamos la letra θ acompañada de dos índices que corresponden a las intersecciones que se consideran para medir el

desfasamiento. Así por ejemplo, y con relación a la Fig. 3a., el desfasamiento θ_{ij} es la diferencia en el encendido del verde entre las intersecciones i y j y se mide suponiendo que el verde enciende en i antes que en la intersección j . En la Fig. 3b se aprecia esta idea



En un día normal y en función de las diferentes actividades que realizan los habitantes de una ciudad, las condiciones del tránsito en la red urbana cambian, variando la cantidad de vehículos que circulan por hora, su velocidad y desde luego la dificultad para desplazarse, medida por ejemplo en términos de la densidad (vehículos por kilómetro). El propósito de un sistema de control del tránsito es, en principio al menos, el de diseñar una estrategia de operación de los semáforos correspondiendo a las necesidades de movimiento de los vehículos dentro de la red, que ocurren en cada instante. Para lograr esto la computadora se supone que posee como medio para obtener información acerca de la situación en la calle un conjunto de detectores. Los detectores instalados en el pavimento, además de contar vehículos miden el tiempo que la espira se

encuentra ocupada por vehículos(en por ciento del tiempo transcurrido). Esta última medida se denomina ocupancia y puede considerarse como una medida relativa de la velocidad a que circulan los vehículos. Cuando la ocupancia es alta los vehículos circulan lentamente y cuando la ocupancia es baja lo hacen de prisa o a mayor velocidad.

Conviene hacer notar que el mero hecho de que un sistema de control pueda hacer variar su estrategia cada cierto número de minutos de ninguna manera es condición suficiente para garantizar su eficiencia. Tal eficiencia solamente puede medirse en términos de la capacidad del sistema para responder a las características del flujo vehicular en la calle. Y ella depende de la calidad de los algoritmos empleados como medio de decisión.

Coordinación de semáforos.

Entre los ingenieros de tránsito es relevante el concepto de coordinación en el encendido de la luz verde de los semáforos a lo largo de una calle o avenida. Si se trata de una calle en un solo sentido, la coordinación de los semáforos se logra cuando pueden recorrerse todas las intersecciones sin detenerse el conductor. Entonces el verde de cada intersección se va encendiendo -- conforme el conductor, que va al principio del pelotón, se acerca a ella. Se dice entonces que la coordinación corresponde a una "onda verde". Cuando se trata de lograr una coordinación de semáforos a lo largo de una avenida el I. de tránsito enfrenta algunas dificultades pero puede conseguir una "onda verde" con relativa buena duración. Así ocurre entonces que la onda verde aparece en ambos sentidos de circulación.

En el diseño de una coordinación el I. de tránsito supone que los vehículos se van a desplazar a velocidad uniforme y, dependiendo del tipo de semáforos de que dispone, puede diseñar hasta tres coordinaciones a velocidad diferente para

ser introducidas de acuerdo con la hora del día y el día de la semana. Sin embargo, aún cuando teóricamente es demostrable la existencia de al menos una solución a este problema su aprovechamiento en la situación real puede no ocurrir.

Tres factores son importantes en relación con el aprovechamiento de una -- coordinación u "onda verde"

a) La densidad (en vehículos por kilómetro). Cuando la densidad es baja el usuario puede adaptar su desplazamiento a la coordinación. Sin embargo cuando la densidad es alta, debido a la interacción entre vehículos, es difícil para el conductor aprovechar la coordinación.

b) La velocidad del flujo. A medida que la densidad aumenta la velocidad se reduce y mientras más baja es la velocidad más difícil es para el conductor mantenerla como uniforme nuevamente en virtud de la presencia de los demás vehículos que circulan.

En la Fig. 4a. se aprecian los resultados obtenidos mediante simulación por computadora del desplazamiento de un vehículo, a diferentes velocidades totales (entre puntos extremos), cuando el conductor tiene que decidir cada 2 segundos entre acelerar o desacelerar su vehículo y la magnitud de este cambio. Las gráficas ilustran la variabilidad de la velocidad sobre todo a velocidades totales bajas (veáse la curva correspondiente a 20 k p h., por ejemplo). Las curvas de la Fig. 4b muestran resultados semejantes cuando un conjunto de vehículos se desplaza a velocidad "uniforme".

c) La formación de colas de vehículos en la intersección. Cuando en espera de la luz verde se agrupan vehículos en uno de los accesos de una intersección, se dice que se ha formado una cola. Cuando la cola formada es relativamente larga los vehículos no pueden aprovechar la coordinación dise-

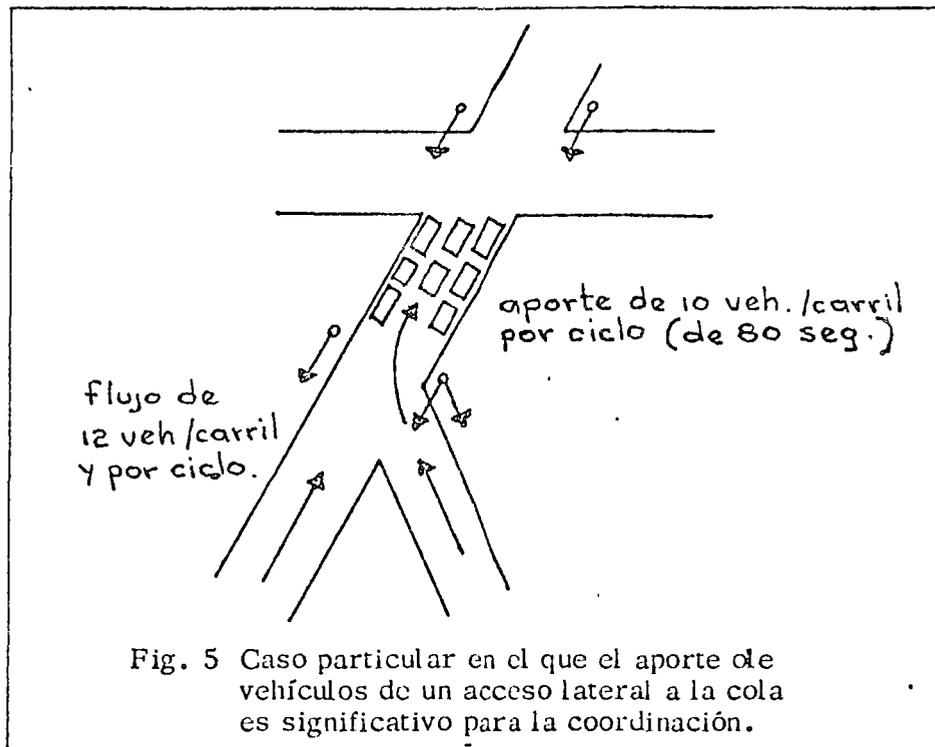
ñada pues cuando llegan de la intersección anterior los vehículos de la cola, pueden todavía estar intentando pasar la intersección.

Para tener una idea del tiempo de verde que se emplea en despachar -- vehículos en una cola, el lector puede considerar por carril 2 segundos por vehículo y 3 segundos perdidos al iniciarse el movimiento de la cola después del encendido del verde. Así si en un carril existen 8 vehículos en cola su despacho requiere de, aproximadamente, 19 segundos de tiempo de verde.

La cola formada en un acceso puede formarse de dos componentes: 1) los vehículos que llegan desde los accesos laterales y 2) los vehículos que no alcanzan a cruzar la intersección en el tiempo de verde asignado. La Fig. 5 ilustra un caso en el que la componente primera aporta un número grande de vehículos a la cola.

La ocurrencia de algunos de estos factores puede dar lugar a que la condición de coordinación lograda en los diagramas espacio-tiempo de I. de tránsito no pueda ser aprovechada. Y el conductor verá como las luces se van encendiendo en una secuencia bellamente lograda pero será incapaz de ir a la velocidad supuesta, o estará esperando pasar formado en una cola de vehículos. Sin embargo, dependiendo de circunstancias fortuitas, puede suceder que la situación de diseño ocurra y entonces el usuario podrá viajar prácticamente sin detenerse.

La sensibilidad del I. de tránsito aunada a su experiencia y a la elasticidad del equipo de control de que disponga determinarán la mejor coordinación para las condiciones reales del tránsito.



Cuando se trata de un sistema de control del tránsito por computadora, al programarlo, se puede tratar de imitar la actuación del I. de tránsito o se pueden emprender caminos en los que la computadora pueda ser más eficiente o al menos de eficiencia comparable a la de un I. de tránsito. Cualquiera que sea la tendencia, el propósito de la programación será el de diseñar una estrategia de operación acorde con la condición del flujo vehicular en la calle.

Nuevamente, una estrategia diseñada por la computadora está formada por:

- a) Un tiempo de ciclo para cada zona o área independiente bajo control
- b) Un reparto para cada una de las intersecciones que forman la red bajo control.
- c) Un desfase para cada segmento de la red (designando como "segmento" "arco" o "enlace", al tramo comprendido entre dos intersecciones controladas).

El criterio programado para diseñar esta estrategia habrá de determinar la

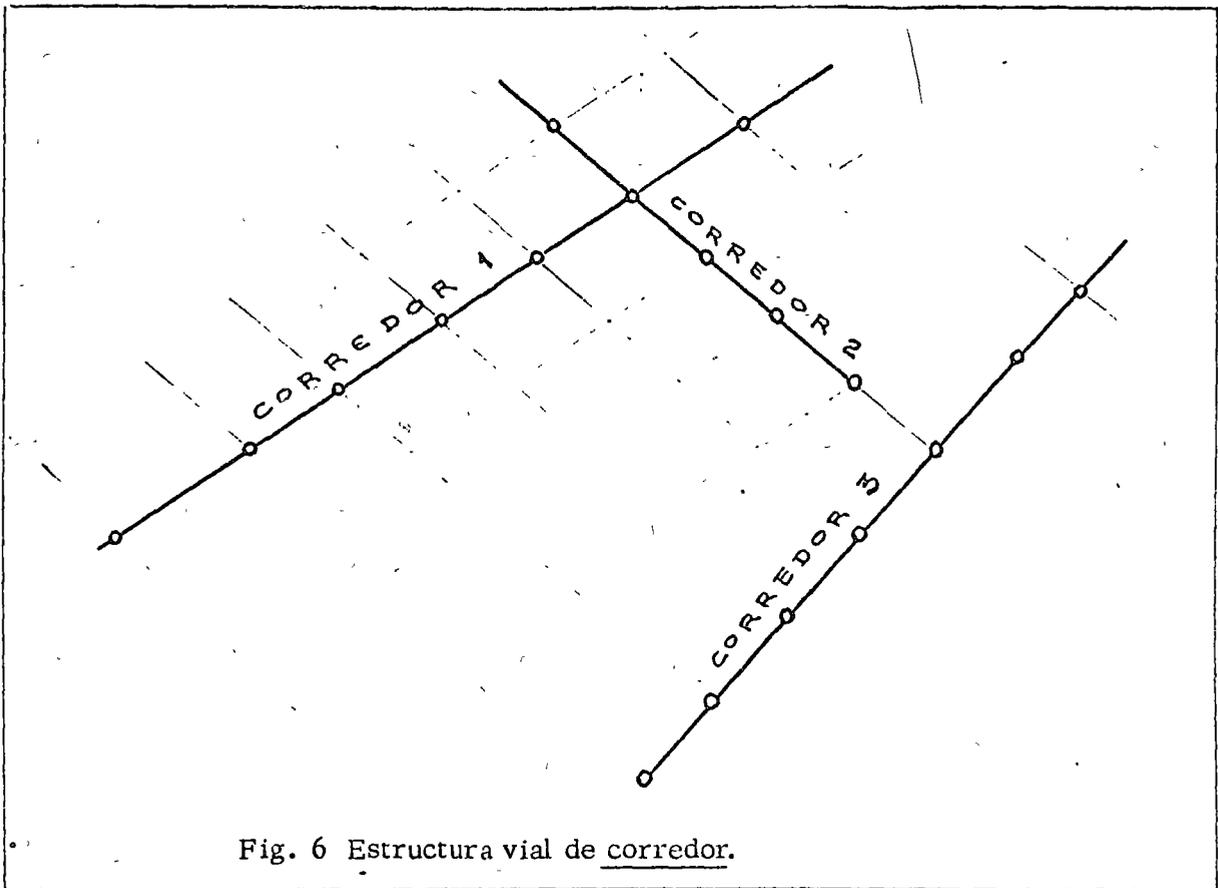


Fig. 6 Estructura vial de corredor.

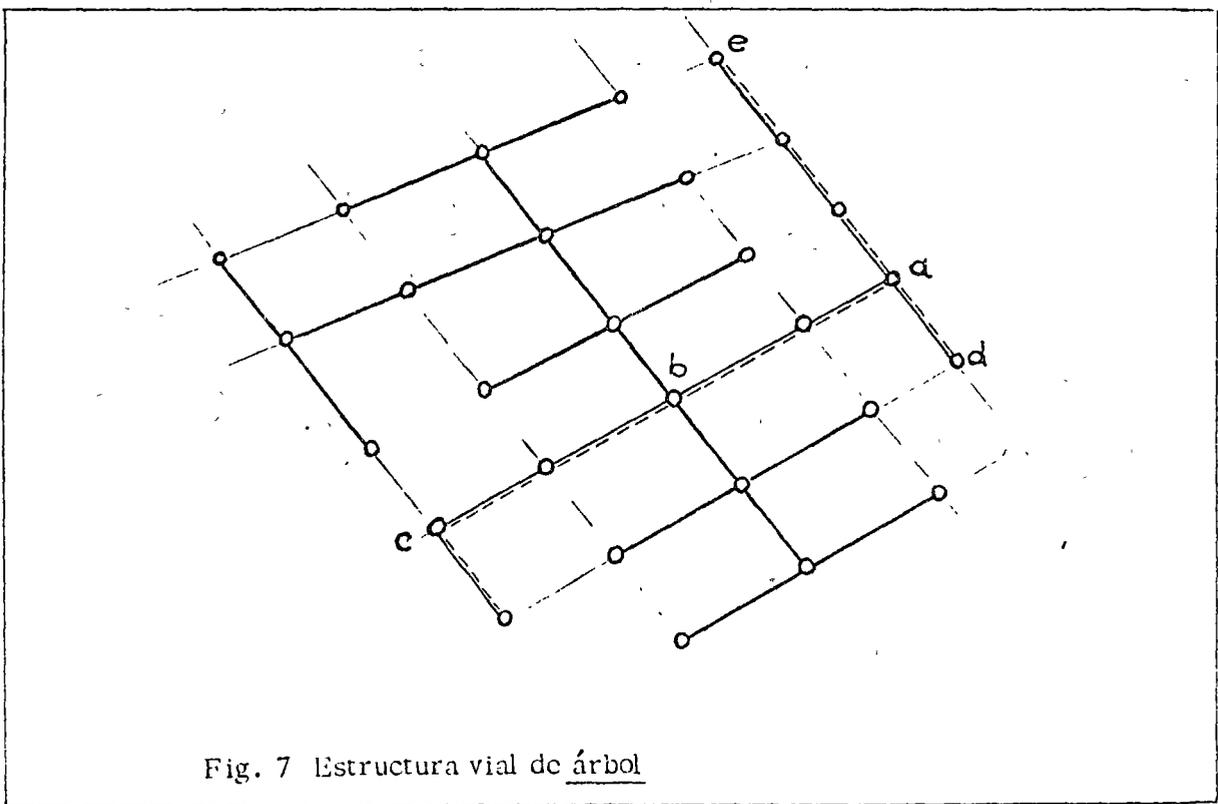


Fig. 7 Estructura vial de árbol

Estructuras viales para coordinación.

Dependiendo de las características del flujo vehicular es posible seleccionar una de entre varias estructuras viales. Usamos el término estructura para designar una cierta forma de unir o enlazar varios o todos los tramos de una red urbana. La estructura vial ideal sería aquella que incluyera todas las -- características de enlace de la red urbana. Sin embargo el tratamiento analítico o numérico de una red como tales altamente complejo y requiere por tanto de una buena cantidad de esfuerzo. En tal virtud lo que aquí denominamos estructura vial constituye una aproximación a la red real con la que -- puede tratarse tanto analítica como numéricamente con un esfuerzo razonable. Además esta estructura debe ser justificable en función de los patrones de flujo vehicular.

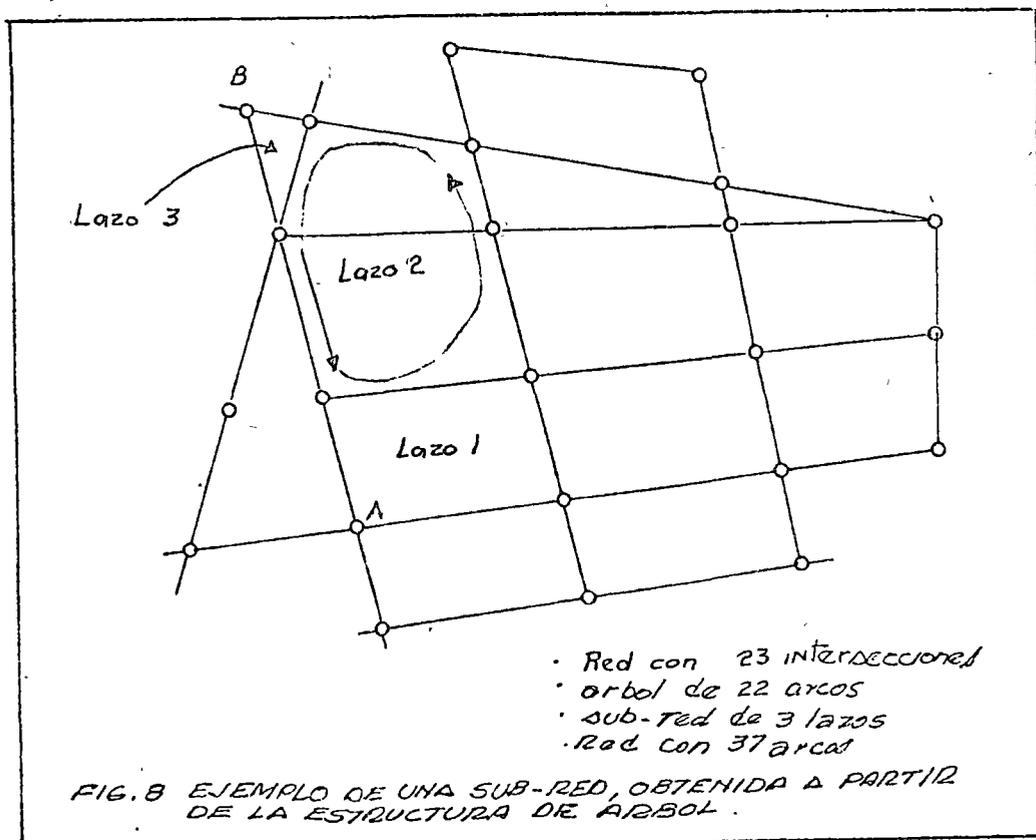
Podemos distinguir como estructuras viales y en función del grado de aproximación a la red real las siguientes:

1) Corredores. Se trata de calles o avenidas que por la gran cantidad de vehículos que mueven justifican un trato preferencial en relación con las calles que la atraviezan, o calles laterales. En este caso la red urbana se aproxima mediante un conjunto de calles o avenidas que pueden considerarse como independientes entre sí por lo que se refiere a la operación de los semáforos. En la Fig. 6 se aprecia una aproximación de este tipo.

2) Arboles. De acuerdo con la Teoría de Redes con una red de n nudos (o intersecciones) se puede formar un árbol que la cubre con un total de $n-1$ segmentos y de manera que no aparecen figuras cerradas o lazos (loops) en ella. En este caso se están incluyendo en la aproximación todas las intersecciones pero solamente una parte de los segmentos o arcos. La Fig. 7

muestran un ejemplo de este tipo de estructura. Nótese que no existe ninguna figura de cuatro lados y cerrada que quede formada por el árbol.

3) Sub-redes. Si a partir del árbol formado como aproximación a una red se agrega un nuevo arco sin aumentar el número de intersecciones, entonces se genera un lazo o "loop" y el árbol se convierte en una sub-red. Las figuras cerradas, lazos o loops, introducen condiciones acerca del funcionamiento de los semáforos, de modo que no es posible asignar valores a los desfases de los segmentos que forman la figura cerrada, en forma arbitraria. Esto lo discutiremos más adelante. Por ahora conviene observar que si continuamos agregando arcos al árbol eventualmente podemos llegar al caso en que estemos considerando toda la red. Para el árbol de la Fig. 7 se requiere introducir 16 arcos formándose entonces 16 lazos. La Fig. 8 muestra otro caso de una sub-red formada a partir de un árbol, al incorporar los tres arcos - - sucesivos de la ruta que va de A a B y marcados con doble línea, también se señalan los lazos generados.

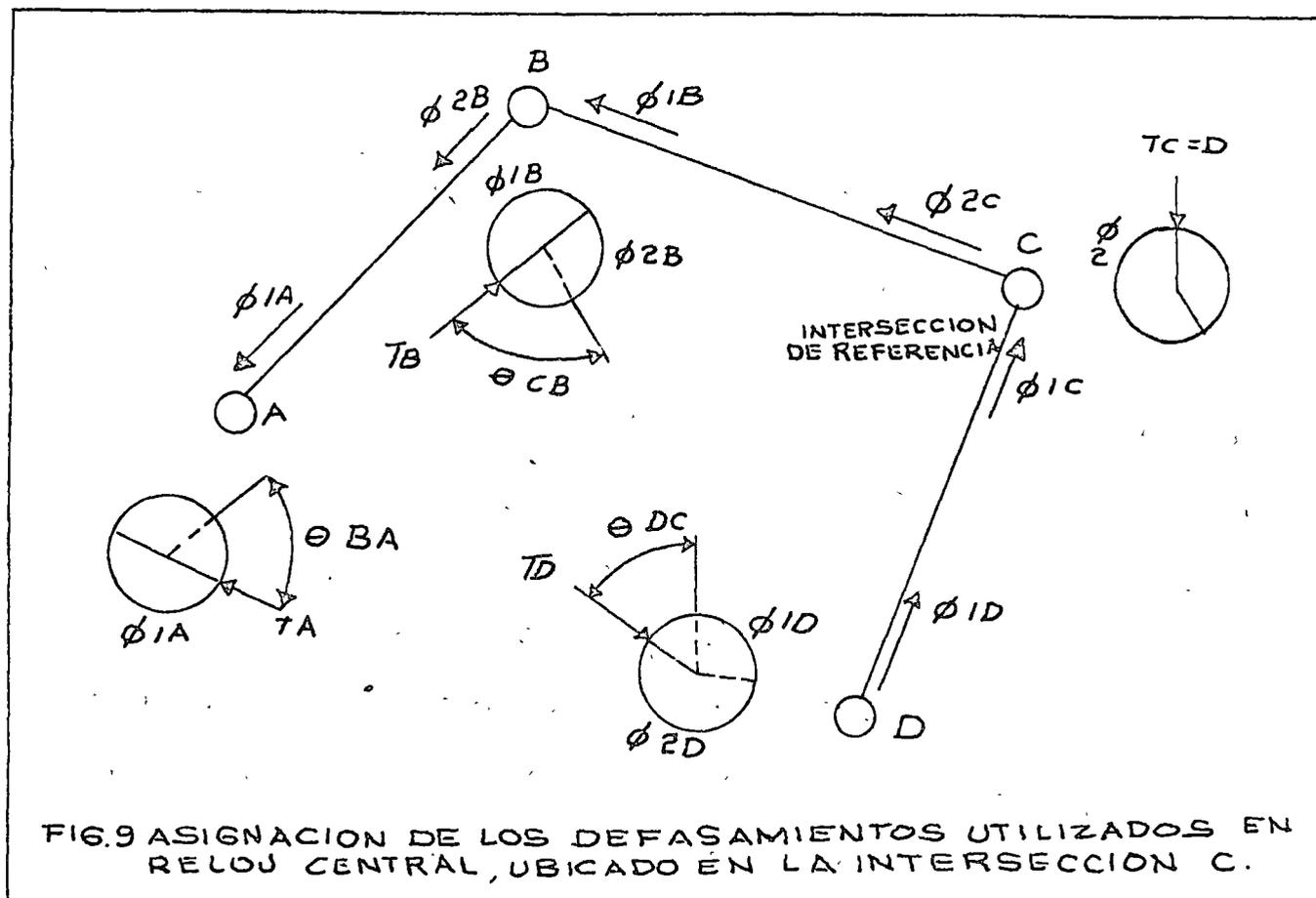


En principio, la adopción de una de las estructuras antes descritas tiene por objeto el aproximar el funcionamiento real de la red. Sin embargo es posible escoger diferentes estructuras viales, en función, por ejemplo de la hora del día a la cuál se asocian ciertos patrones de viaje bien definidos. En consecuencia pueden existir varias estructuras alternativas para las que la computadora, programada acordemente, puede diseñar una estrategia de operación de los semáforos. Esta estrategia podría consistir en una coordinación de los semáforos siguiendo "ondas verdes" para los segmentos o arcos incorporados en la estructura vial seleccionada.

El concepto de "reloj central". Desfasamiento.

Las estructuras viales de corredor y árbol son en realidad semejantes cuando se trata de su análisis, puesto que cada parte de un árbol puede convertirse a una forma semejante a la de un corredor, simplemente tomando en cuenta la orientación de los segmentos o arcos para asignar el desfasamiento. Este aspecto lo comentaremos más adelante, considerando en un solo apartado el análisis de las estructuras de corredor y de árbol.

Cuando se realiza el control de una red urbana mediante una computadora conviene disponer de un "reloj central" con relación al cual se miden los desfasamientos en cada intersección. Este reloj puede asignarse a una de las intersecciones que entonces actúa como referencia. La Fig. 9 sugiere de modo gráfico la misma idea.



Nótese en la Fig. 9 que al emplear un reloj central solamente es necesario hacer llegar a cada intersección en los tiempos T_A , T_B , T_D una señal que inicie el verde para la primera fase (asignada según convenga a la operación del sistema). Los desfases se han asignado en la figura con relación al inicio del verde, que le corresponde al segmento bajo consideración. De la figura se puede ver que las siguientes relaciones son correctas:

$$T_D = C - \theta_{DC}$$

$$T_B = V_{2C} + \theta_{CB}$$

$$T_A = T_B + V_{1B} + \theta_{BA}$$

en donde:

C = tiempo de ciclo (usualmente en seg.)

V_{2C} = tiempo de verde en la fase 2 de la intersección C.

V_{1B} = t. de verde en la fase 1 de la int. B

θ_{DC} , θ_{CB} , θ_{BA} , se definen en la figura.

El empleo del "reloj central", resulta en una simplificación notable en la --
operación de los semaforos en la calle ya que estos funcionan a través de un
mando local instalado en cada intersección (aún cuando un mismo mando o --
control local puede hacer funcionar los semáforos de varias intersecciones
cuando éstas se encuentran muy próximas, en general conviene pensar en un
mando por intersección). Por tanto el desfaseamiento puede introducirse mas
fácilmente mediante los tiempos (T_D , T_B y T_A), que corresponden al inicio -
del ciclo en cada intersección, que como resultaria de aplicar la definición de
desfaseamiento.

Durante el proceso de diseño de una estrategia de operacion en la computadora
se calculan los desfaseamientos θ y luego se convierten a los tiempos T de ini
cio del ciclo en cada interseccion de acuerdo con relaciones del tipo indicado
en Ecs. 1.

Corredores y Arboles.

En el análisis de un corredor se pretende encontrar, a partir de los datos obtenidos por los detectores instalados en el pavimento, aquellos valores de los desfases que hacen que el flujo vehicular sea lo mas ágil o fácil que sea posible. Y al emplear estos términos tan vagos pretendemos motivar la necesidad de un criterio que permita establecer cuando se ha obtenido una solución teóricamente aceptable. Los ingenieros de tránsito piensan que una medida aceptable es el ancho de banda que se registra en una coordinación u onda verde. Según comentamos antes este criterio tiene sus limitaciones pero por ahora lo consideramos aceptable.

En la Fig. 10 se muestra el diagrama espacio-tiempo correspondiente a una coordinación para una avenida. La velocidad escogida es aquella que permita el aprovechamiento de la máxima capacidad de la avenida, además se supone un ciclo de 75 segundos. Bajo tales condiciones

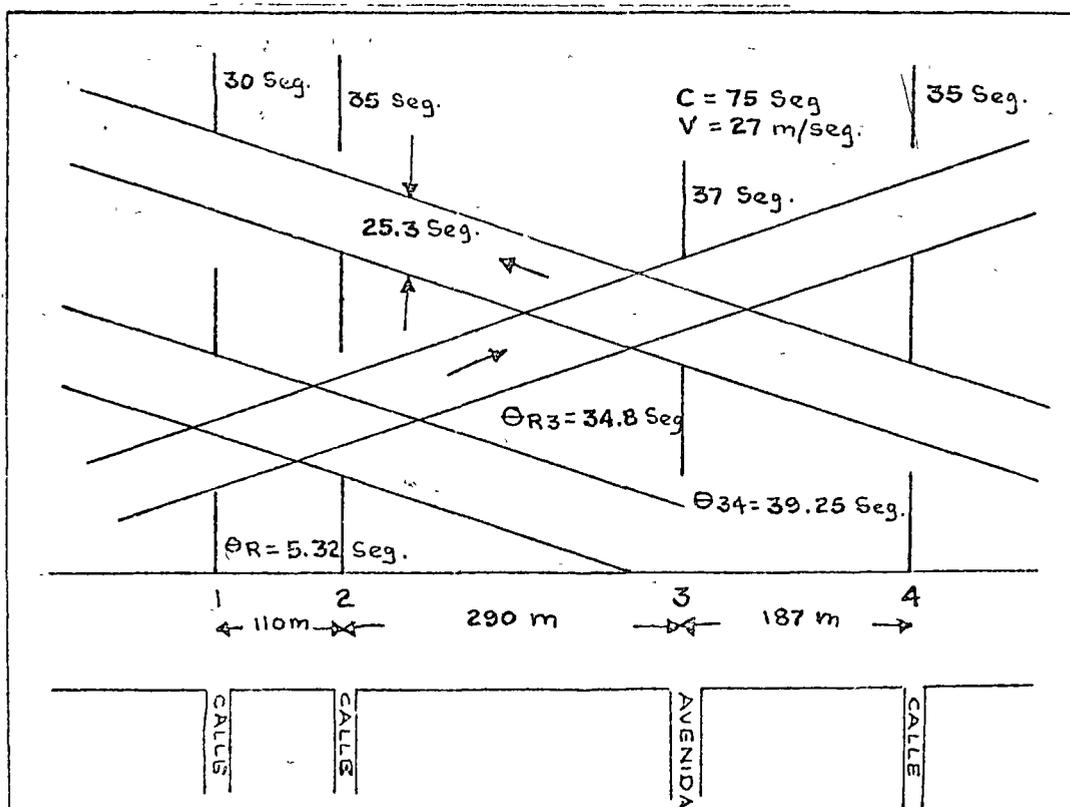


Fig. 10 Coordinación en una avenida.

en un recorrido de 587 m., se consigue un ancho de banda del 33% del tiempo de ciclo que equivale a 25 segundos.

Si el tramo fuese de mayor longitud, el ancho de banda resultaría todavía menor. Sin embargo en la condición actual un máximo comprendido entre 10 y 11 vehículos por ciclo podrían aprovechar esta onda verde. Es decir que cuando el volumen es del orden de 500 vehículos por hora y por carril todos los vehículos pueden aprovechar la onda verde. Pero, por otro lado, el tiempo de ciclo y el reparto en las intersecciones corresponden a la suposición de que el volumen que va a circular es del orden de 800 vehículos por hora y por carril, es decir del orden de 17 vehículos por ciclo. En consecuencia, por cada ciclo, al menos seis -- vehículos por carril quedaran distribuidos entre las dos ultimas intersecciones de su recorrido, en uno y otro sentido.

El pseudo-análisis anterior* se basa en suponer que al encendido del verde no hay vehículos en cola. Sin embargo cabe suponer que la cola tendrá un mínimo de 5 a 6 vehículos los cuales, para ser despachados, requieren de una parte del ancho de banda, con lo cual se reduce el número de vehículos que pueden aprovecharla, y finalmente, se aumenta la cola en forma sistemática hasta que se intuye que la coordinación no fue adecuada.

El propósito de esta argumentación es el de llevar al lector a la conclusión -- alcanzada antes por Newell (ver Refs. 1 y 2) en el sentido de que una estrategia basada en el criterio de onda verde produce demoras mayores que las que se originan en otros criterios que las toman en cuenta explícitamente.

* Los datos aqui suministrados se basan en un análisis mas completo de tipo probabilístico que no procede desarrollar en este documento. Sin embargo se espera que el lector pueda percibir la idea general.

No obstante que la coordinación basada en los diagramas de espacio-tiempo es y ha sido ampliamente criticada por diferentes autores, hoy en día todavía se encuentran sistemas dinámicos de control del tránsito que emplean este tipo de técnicas. Por tanto consideramos en forma breve algunos métodos actualmente en uso para diseñar una coordinación y dejamos para la parte destinada al tratamiento de redes y sub-redes la consideración de los algoritmos basados en la incorporación explícita de la demora.

Uno de los métodos mas ampliamente favorecidos es el debido a Little y Morgan (véase por ej. la Ref. 3). En este método los autores demuestran que existe una solución para el problema de coordinación en una avenida y que esta solución consiste en desfases con valor de 0 ó 1/2 el tiempo de ciclo. Utilizando este método en el caso de la Fig. 10 se obtendría un ancho de banda de 20.6 segundos, en tanto que con otro método del que hablamos más adelante se obtienen los desfases ahí consignados y que son solo ligeramente distintos de 0 o 1/2 del ciclo. Es decir, $\theta_{12}=0.0712$; $\theta_{23}=0.4631$ y $\theta_{34}=0.5230$, como fracción del ciclo y medidos con relación al inicio del verde. Si, como ocurre en el método de Little, los midiésemos con relación a los puntos medios de la duración del rojo serían; $\theta_{12}=0.055$, $\theta_{23}=0.432$ y $\theta_{34}=0.535$. A veces es importante tomar en cuenta esta diferencia en la forma de medir los desfases sobre todo al revisar literatura. En un trabajo reciente E.J. Romano (ver Ref. 4) propone modificar ligeramente la solución obtenida mediante el método de Little para permitir el despacho de colas en las intersecciones. Tal modificación consiste en aprovechar el verde sobrante en cada intersección (obtenido al restar el ancho de banda al verde de la intersección) corriendo el inicio del verde o del rojo de manera que al llegar el pelotón de vehículos representado por la banda, haya un tiempo que permita des-

pejar una parte de la cola. En algunos casos, como los escogidos por el autor *de* la referencia 4, tal modificación produce buenos resultados. Sin embargo en el caso de la Fig.10 esta idea solamente podría aprovecharse en la intersección 2 haciendo que el inicio de rojo coincida con la banda de salida (la que va de izq. a derecha) en la parte superior. Lo cual desde luego aliviaría la situación detectada previamente.

Como parte de los desarrollos alcanzados en el sistema denominado COAUTRAN y que opera la Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes del D.D.F., el autor de este documento formuló un algoritmo de coordinación basado en la Programación Dinámica que fue publicado en la Ref. 5 . El algoritmo en cuestión se basa en la siguientes consideraciones:

- a) En cada intersección se estima la extensión de la cola correspondiente al flujo estacionario de vehículos (después de varios ciclos de operar con la estrategia).
- b) La cola se despacha antes del arribo del pelotón de vehículos y en proporción al tiempo de verde disponible.
- c) Se acepta que el conductor posee inteligencia suficiente como para buscar aprovechar la secuencia de encendido de las luces verdes, aumentando o disminuyendo ligeramente (no más de 10%) su velocidad en cada tramo con relación a una velocidad de proyecto.

Las anteriores consideraciones están incorporadas como opciones dentro del programa denominado CRPDN. Los resultados consignados en la Fig.10 fueron obtenidos con este programa eliminando todas las opciones citadas. Al considerar la presencia de colas, el ancho de banda tiende a reducirse y al variar ligeramente la velocidad en cada tramo se intenta compensar esta reducción.

Una vez alcanzada una coordinación o secuencia de encendido de los semáforos a lo largo de una calle o avenida, que forma parte de la rama de un árbol, aparecen un conjunto de puntos que deben fijarse en la coordinación de los segmentos que los conectan o que forman parte de otras ramas. Así por ejemplo en la Fig. 7 la rama secundaria marcada con línea interrumpida recibe de la rama principal la condición de operación del mando local ubicado en la intersección b. Con este dato se calcula o diseña la coordinación en la rama secundaria - que va de la intersección a a la c. A su vez esta parte de la rama fija la -- operación del mando de la intersección a para la coordinación de la parte que une las intersecciones d y e.

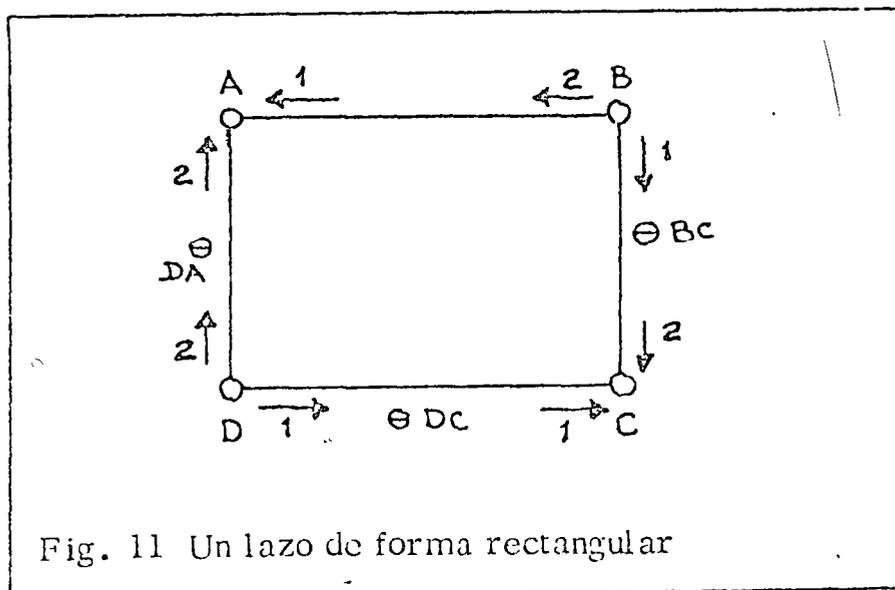
Conviene notar que al quedar fija la operación de una intersección la coordinación calculada en forma independiente para las partes que van de a a c o de d a e solamente requerirían de un corrimiento de los puntos de inicio del encendido de las luces pero los defasamientos no quedan obligados en forma alguna, sino que pueden ser cualesquiera que garanticen un flujo adecuado. En la adecuada comprensión de estos hechos ayudará al lector revisar la noción del "reloj central" discutida antes.

Sub-Redes.

Un árbol se forma al unir las n intersecciones de una red con $n-1$ segmentos de modo que no se forme lazo alguno. Al agregar cada vez un segmento de la red necesariamente se forma un lazo y de esta manera se puede llegar a considerar la red completa o solamente sub-redes, es decir partes de la red que incluyen uno o mas lazos. Consideramos en este apartado las condiciones que se imponen a la operación de los semáforos cada vez que se forma un lazo. Consideramos solamente dos casos o tipos de lazo. e. d., el lazo rectangular y el lazo triangular (lazos 1 y 3 en la Fig. 8) y suponiendo que las intersecciones

que lo forman operan en dos fases solamente. Una vez comprendida la lógica inherente al desarrollo de estos dos casos, el lector no tendrá dificultad en desarrollar por si mismo otros casos.

Consideremos entonces el caso de un lazo rectangular como el que se ilustra en la Fig. 11. En el desarrollo que sigue se mediran los defasamientos con relación al inicio del verde de la fase correspondiente, en cada intersección, al segmento en consideración. En la figura se muestra el orden de las fases para cada acceso. El tiempo de verde y el de rojo se designan con V y R - - respectivamente. A estas letras se agrega el número de la fase y la intersección como índices. Así, por ejemplo, V_{1A} , representa el tiempo de verde que corresponde a la fase 1 en la intersección A. Los índices de los defasamientos se asignan según el sentido de circulación.



Supóngase que deseamos hallar una forma de coordinación en el rectángulo de la Fig. 11. En principio resulta aparente que los defasamientos θ_{BA} , θ_{BC} , θ_{DA} y θ_{DC} no pueden asignarse en forma arbitraria, sino que deben cumplir con una cierta relación de tal manera que, por ejemplo, al recorrer el lazo el encendido de una cualquiera en las luces de verde se haga cada vez que ocurre un ciclo, es decir cada C (siendo C el tiempo de ciclo.) Consideremos la intersección B como referencia y con ayuda de la Fig. 12 vamos a determinar la relación de nuestro interés. En este análisis suponemos además que el tiempo de ciclo es el mismo en todas las intersecciones.

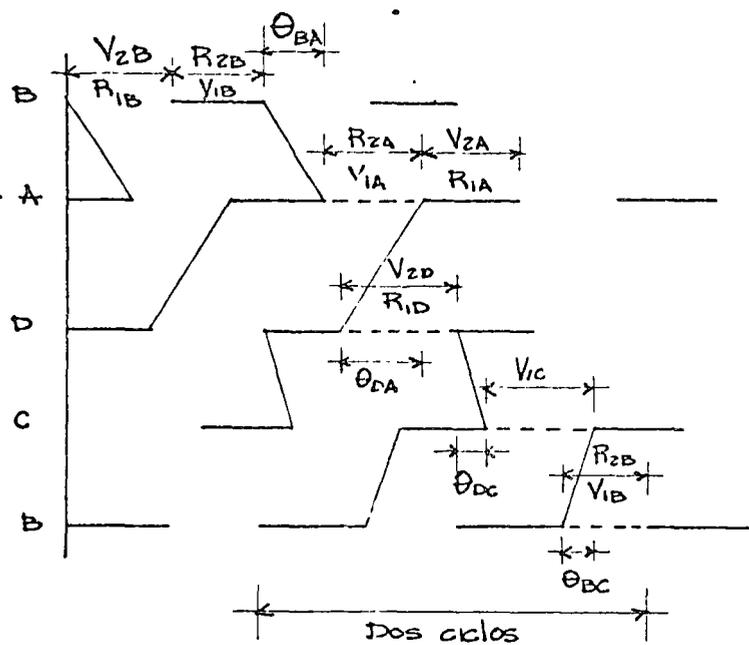


Fig. 12 Relación de encendido del verde en las intersecciones que forman un lazo rectangular.

En el diagrama de la Fig. 12 se han considerado los desfases θ_{BA} , θ_{DA} , θ_{DC} , θ_{BC} como positivos. Si, en relación con la Fig. 11, se supone que se ha encendido el verde en la intersección B para la fase 2, el verde para la fase 1 de A (V_{1A}) se encenderá θ_{BA} segundos después. Siendo θ_{DA} positivo el verde para la fase 2 de D deberá encenderse θ_{DA} segundos antes de que se encienda el verde para la fase 2 en A (V_{2A}). Luego concluido el verde V_{2D} , θ_{DC} segundos después se encenderá V_{1C} . Al llegar a C será necesario dejar transcurrir V_{1C} para que en el segmento BC, el verde V_{2C} se encienda θ_{BC} segundos después de haberse encendido el verde en la fase 1 de B (V_{1B}). En consecuencia debe cumplirse que $\theta_{BA} + V_{1A} - \theta_{DA} + V_{2D} + \theta_{DC} + V_{1C} - \theta_{BC} + V_{1B} = 2C$

2

Sin embargo puede verse en la Fig. 12 que

$$\theta_{AD} = - \theta_{DA}$$

$$\theta_{CD} = - \theta_{BC} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 3$$

Sustituyendo las Ecs. 3 en la Ec. 2 se tiene que:

$$\theta_{BA} + \theta_{AD} + \theta_{DC} + \theta_{CB} + (V_{1A} + V_{2D} + V_{1C} + V_{1B}) = 2C \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 4$$

Nótese que en esta expresión aparecen para los desfases los índices en el orden en que fueron considerados los segmentos y para los tiempos de verde, estos aparecen con la fase de llegada a la intersección (según el sentido del recorrido usado para el análisis) y que el índice de la intersección aparece en la forma en que se hizo el recorrido del lazo. En general la Ec. 4 puede escribirse como

$\sum \theta$ alrededor del lazo BADCB	$+ \sum V_{LJ}$ L = fase de llegada J, corresponde a la intersección según el recorrido del lazo	$= n C$
--	---	---------

_____ 5

En la Ec. 5 se ha usado n para indicar que la relación se cumple para $n = 1, 2, 3$, es decir, cuando n es un número entero.

En ocasiones la Ec. 5 se presenta en forma abreviada como

$\sum \theta$ alrededor de BADCB	$= n C$
--	---------

_____ 6

es decir, despreciando el término que contiene los tiempos de verde. La Ec. 6 es aceptable únicamente cuando el término negativo es igual a un cierto número de veces el tiempo de ciclo, como ocurre cuando en las intersecciones A, B, C y D el reparto es (1/2, 1/2). Con solamente repetir la demostración antes realizada, el lector podrá verificar que la Ec. 6 es equivalente a la Ec. 5 cuando los defasamientos θ se calculan con relación a los puntos medios de la duración del tiempo de rojo. Con base en este resultado en la próxima sección de este trabajo discutimos un método aproximado para el análisis de redes. -- Ahora pasemos a considerar el caso en que el lazo sea de forma triangular y a tratar de construir ecuaciones semejantes a las Ecs. 5 y 6. Dado que las ideas centrales fueron expuestas ya, las Figs. 13 y 14 nos permitirán hacer el análisis en forma más breve. En la Fig. 13 se presenta el lazo triangular y en la Fig. 14 el diagrama de secuencia de encendido.

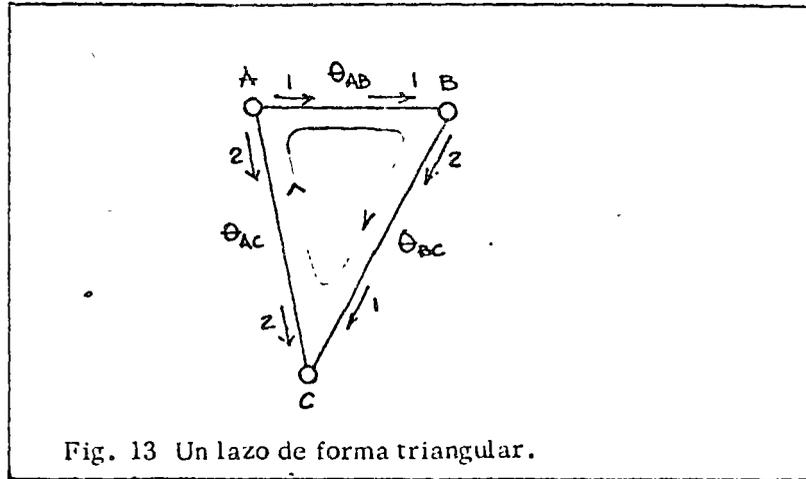


Fig. 13 Un lazo de forma triangular.

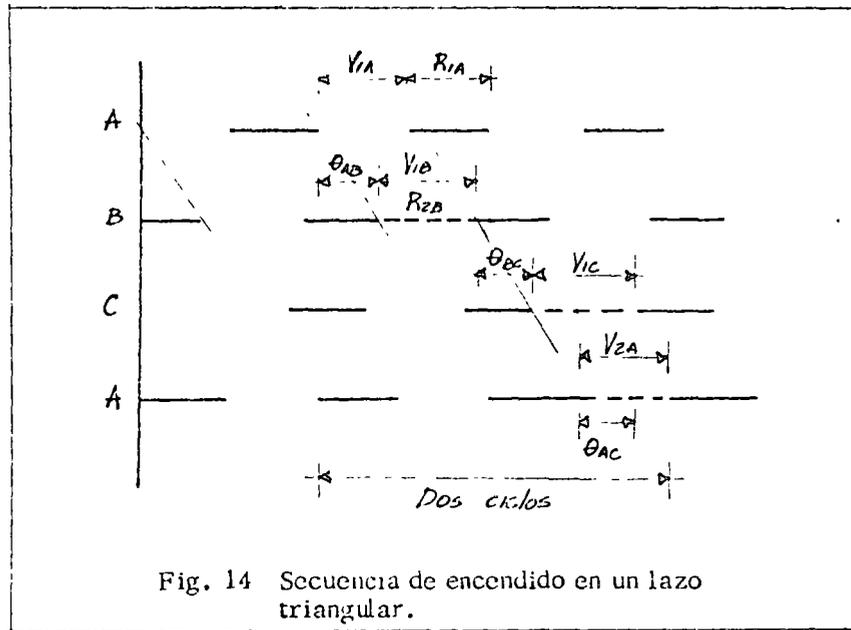


Fig. 14 Secuencia de encendido en un lazo triangular.

De acuerdo con el diagrama de la Fig. 14 se puede escribir :

$$\theta_{AB} + V_{IB} + \theta_{BC} + V_{1C} - \theta_{AC} + V_{2A} = 2C \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 7$$

y observando que

$$\theta_{CA} = - \theta_{AC} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 8$$

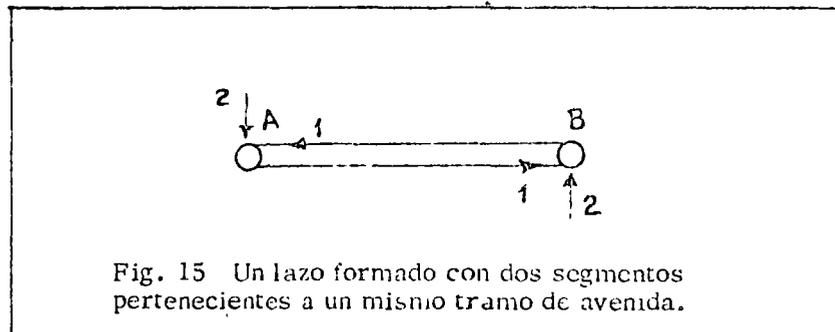
obtenemos :

$$\theta_{AB} + \theta_{BC} + \theta_{CA} + (V_{IB} + V_{1C} + V_{2A}) = 2C \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 9$$

Nótese que la Ec. 9 corresponde exactamente a la forma de la Ec. 5 y por lo tanto ésta ^{es} también aplicable en el caso del triángulo.

Por otro lado, si definimos los defasamientos con relación a los puntos medios de la duración del tiempo de rojo, puede verse que la Ec. 6 es también aplicable al caso de un lazo de forma triangular. Sin embargo, para este caso n, - además de tomar valores enteros puede tomar los valores 1.5, 2.5, 3.5, etc. El lector podrá comprobar, si lo desea, que las Ecs. 5 y 6 son aplicables a cualquier forma que pueda adoptar un lazo (por ejemplo puede usar la Fig. 8), siempre y cuando se preserve el sentido en que se recorre el lazo en la construcción de las expresiones correspondientes.

Finalizaremos esta sección con el análisis de un caso relativamente simple que nos será de utilidad en la sección siguiente y como ilustración de la validez de la Ec. 6. Este caso es el de un lazo formado por dos segmentos que forman parte de un mismo tramo en una avenida. La Fig. 15 ilustra la situación.



Para analizar este caso no será necesario construir un diagrama de encendido del verde. Recorriendo el lazo, se puede ver que

$$\theta_{AB} + \theta_{BA} = C \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 10$$

o sea que

$$\theta_{BA} = C - \theta_{AB} \quad \text{---} \quad \text{11}$$

Notese que en este caso $\theta_{BA} \neq \theta_{AB}$, a menos que $\theta_{BA} = \frac{1}{2} C$.

Un método aproximado para el análisis de coordinación en redes urbanas.

El planteamiento de las Ecs. 5 ó 6 para cada uno de los lazos que forman una red, constituye un conjunto de condiciones que es necesario se cumplan, es decir, se trata de condiciones necesarias mas no suficientes. Esas condiciones no son suficientes puesto que, en general, el número de lazos que constituyen una red será menor que el número de segmentos o arcos de la red. Para ilustrar este punto considerese la Fig. 16. En ella se muestra una red formada por dos tramos de avenida y calles con un solo sentido de circulación.

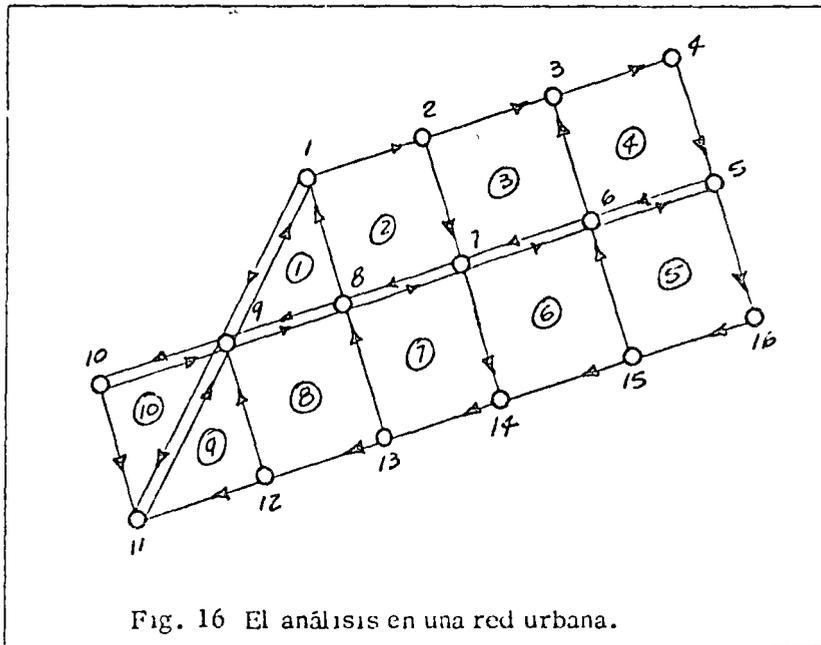


Fig. 16 El análisis en una red urbana.

La red de la Fig. 16 está formada por 16 intersecciones y un total de 32 arcos o segmentos. Si deseamos considerar la red completa, existen diez lazos; siete de forma rectangular y 3 de forma triangular. Además, en virtud de que los arcos incluidos en las avenidas deben cumplir con relaciones del tipo

$$\theta_{56} = C - \theta_{65}$$

$$\theta_{67} = C - \theta_{76} \quad \text{-----} \quad 12$$

Se dispone de siete relaciones adicionales. En consecuencia, resulta que, si planteamos el problema como uno de ecuaciones simultáneas, se tiene un sistema con:

- a) Siete ecuaciones para lazo, de f. rectangular
- b) Tres ecs. para lazo de f. triangular
- c) Siete relaciones para tramos de avenida

o sea un total de 17 ecuaciones con un número total de incógnitas igual al número de arcos, es decir, 32 desfases desconocidos.

Naturalmente que el sistema de ecuaciones antes descrito puede expresarse mediante 10 ecuaciones y 25 incógnitas después de tomar en cuenta las relaciones consignadas como Ecs. 12. En todas formas existen más incógnitas que ecuaciones y por tanto el número de soluciones posibles es apreciablemente grande pues existen $(25-10 =)$ 15 grados de libertad, para escoger los valores de los desfases. Si adoptamos el enfoque de sistemas de ecuaciones en el tratamiento del problema se puede ver que es solución todo aquel conjunto de valores de los desfases que satisface las 10 ecuaciones que pueden formularse. A este sistema de ecuaciones le denominamos, de aquí en adelante, como Restricciones.

Procedemos ahora a formular explícitamente este sistema.

En la formulación de las restricciones usaremos la Ec. 6 suponiendo que los desfases para cada arco son medidos con relación a los puntos medios de la luz roja. En la Fig. 16 aparece dentro de cada lazo un número que corresponde al orden en que se plantean las ecuaciones.

$$\theta_{91} + \theta_{18} + \theta_{89} = \left(\frac{n+1}{2}\right) C$$

$$\theta_{12} + \theta_{27} + \theta_{78} + \theta_{81} = nC$$

$$\theta_{23} + \theta_{36} + \theta_{67} + \theta_{72} = nC$$

$$\theta_{34} + \theta_{45} + \theta_{56} + \theta_{63} = nC$$

$$- \theta_{56} + \theta_{516} + \theta_{1615} + \theta_{156} = (n-1) C$$

$$- \theta_{67} + \theta_{615} + \theta_{1514} + \theta_{147} = (n-1) C \quad \text{_____} 13$$

$$- \theta_{78} + \theta_{714} + \theta_{1413} + \theta_{138} = (n-1) C$$

$$- \theta_{89} + \theta_{813} + \theta_{1312} + \theta_{129} = (n-1) C$$

$$\theta_{119} + \theta_{912} + \theta_{1211} = \left(\frac{n+1}{2}\right) C$$

$$\theta_{109} + \theta_{911} + \theta_{1110} = \left(\frac{n+1}{2}\right) C$$

En estas restricciones conviene recordar que

$$\theta_{18} = - \theta_{81}$$

$$\theta_{27} = - \theta_{72}$$

$$\theta_{36} = - \theta_{63}, \text{ etc.}$$

Con la intención de buscar "soluciones", se pueden adoptar una serie de criterios simplistas. Obsérvese, por ejemplo en los lazos 7 y 6 de la Fig. 16, que la asignación de defasamientos de $1/4 C$ o de $1/2 C$ haría que se cumplieran las condiciones necesarias. Este tipo de criterios han sido adoptados en el pasado por los ingenieros de tránsito. Si la red es tal que las longitudes de los arcos son bastante similares entre sí, entonces el empleo de este tipo de criterios puede resultar en una condición conveniente de flujo vehicular. No será así cuando la red sea relativamente irregular en las dimensiones de sus arcos. Por otro lado, y según se comentó antes, los beneficios de la coordinación se diluyen conforme aumenta la cantidad de vehículos que usan la red.

Considerando en conjunto las ideas brevemente elaboradas hasta aquí, le pareciera razonable al lector el método que ahora se describe. Tal método ha sido aprovechado en el análisis fuera de línea* de la red de Zona Rosa del proyecto, COAUTRAN. Los resultados obtenidos en su aplicación se han implementado en la calle y durante la operación con las estrategias obtenidas se ha podido apreciar que se mejora de modo significativo la calidad del flujo vehicular (generalmente en este sentido se utilizan como medidas de la calidad o de la eficiencia las mejoras a los tiempos de recorrido, el número de paradas y las demoras).

El método en cuestión consiste de los siguientes pasos:

- a) Obtener una estrategia de operación adecuada en función de los volúmenes y tomando en cuenta la presencia de colas en las intersecciones. El programa CRPDN mencionado antes se considera recomendable.

* Es decir, con datos obtenidos de los detectores para una situación media o predominante y no para datos obtenidos en el instante.

Esta estrategia consiste de tiempo de ciclo, reparto y defasamiento para todos los segmentos de la red considerados como parte de una calle o avenida buscando aquella secuencia de encendido en los semáforos que permita el despeje de las colas de vehículos y el paso de una parte de los que llegan de las otras intersecciones. En este paso, entonces, se resuelve el problema de la red pero simplificando de modo que se supone que no existen las restricciones.

b) Después de haber formulado las restricciones en la forma de la Ecs. 13 y tomando en cuenta la forma en que son asignadas las fases en cada intersección, procedemos a calcular, para cada lazo.

i) aquel valor de n que hace que

$$n_a C > \sum \theta$$

en las Ecs. 13. A este valor le designamos n_a

ii) aquel otro valor de n para el que se cumple que

$$n_b C < \sum \theta$$

Los valores de n_a y n_b se calculan sustituyendo los valores de los defasamientos θ obtenidos en el paso a. Lo mismo ocurre con el valor del tiempo de ciclo C. n_a y n_b corresponden a los límites superior e inferior para los que se puede hacer cumplir cada restricción.

c) De acuerdo con los valores de n_a y n_b , existirán cantidades a las que denominamos \mathcal{J}_a y \mathcal{J}_b , para cada una de las restricciones, obtenidas como.

$$\mathcal{J}_a = n_a C - \sum \theta$$

$$\mathcal{J}_b = n_b C - \sum \theta$$

De estas cantidades, δ_a es positiva, en tanto que δ_b es negativa.

d) Mediante correcciones a los desfases se intenta compensar las diferencias δ_a y δ_b . Una corrección inicial puede obtenerse al asignar las δ 's a los segmentos en forma inversamente proporcional a los volúmenes -- (o intensidades) que mueven por carril. En esta forma se modifican más --- aquellos segmentos con bajo volumen que aquellos con volumen relativamente más alto.

Para ilustrar este paso tomemos la primera de las Ecs. 13 y designemos con V_{91} , V_{18} y V_{89} los volúmenes por carril que se registran en promedio. Entonces, suponiendo calculados los valores de δ_a y δ_b , se podrá obtener un par de nuevos valores para θ_{91} , θ_{18} y θ_{89} en la forma siguiente:

$$\theta'_{91} = \theta_{91} + \left(\frac{V \frac{1}{91}}{\frac{1}{V_{91}} + \frac{1}{V_{18}} + \frac{1}{V_{89}}} \right)$$

$$\theta''_{91} = \theta_{91} - \left(\frac{\frac{1}{V_{91}}}{\frac{1}{V_{91}} + \frac{1}{V_{18}} + \frac{1}{V_{89}}} \right)$$

y en forma correspondiente θ'_{18} , θ''_{18} , θ'_{89} y θ''_{89}

En forma sucesiva procederíamos con el resto de las ecuaciones tomando en -- consideración que, en las restantes ecuaciones, algunos de los desfases ya han sido calculados. Tal es el caso del desfase θ_{81} de la segunda de las Ecs. 13. El proceso de cálculo, para operaciones manuales, se simplifica notablemente con el empleo de una tabla como la que se muestra en la Fig. 17.

e) Una vez calculados los nuevos valores para los defasamientos es necesario escoger la combinación mas adecuada de entre las que -- corresponden a los números n_a y n_b para cada uno de los lazos.

Con esto se obtiene una solución al problema planteado.

Como se ha indicado antes, cuando se ve al problema como uno de sistema de ecuaciones, existe un conjunto muy grande de soluciones posibles. La que aquí se propone es numéricamente asequible al ingeniero de tránsito - y, con una cantidad reducida de esfuerzo, es practicable. Todo esto en realidad no puede garantizar sin embargo que la solución sea buena o mala. Se trata solamente de una aproximación.

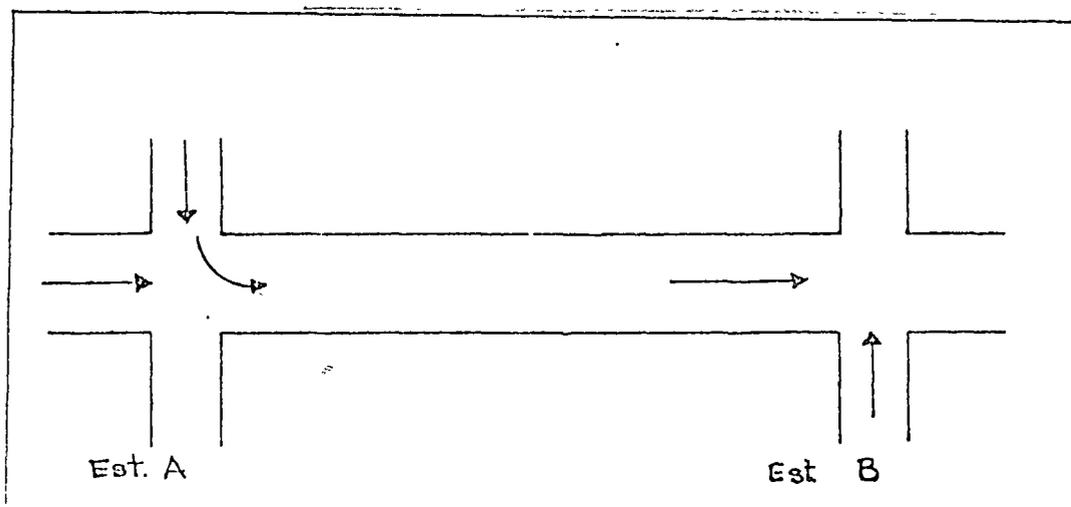
El método recién presentado es susceptible de programación en una computadora digital y puede incluirse la formulación de las restricciones como parte del mismo. En este caso, el paso (d) puede modificarse para convertirlo en un proceso de tipo iterativo hasta lograr que las diferencias \int_a' y \int_b' para cada ecuación se cancelen. En este caso, aun cuando puede garantizarse la convergencia, es posible que los defasamientos calculados sean apreciablemente diferentes a los formulados inicialmente. Esto último haría deseable la revisión de la solución para determinar la extensión de las colas que se formarían y la forma en que operaría la solución al problema, en las condiciones reales del tránsito.

El análisis de redes mediante la consideración explícita de la demora.

La generación de una estrategia de operación de los semáforos consiste en la determinación del tiempo de ciclo, la forma en que este tiempo se reparte entre los diferentes accesos que forman la intersección (reparto) y la secuencia de -

encendido del verde para las diferentes fases (defasamiento). En la discusión anterior nos hemos centrado en el caso en que se emplea como criterio para escoger una de entre varias estrategias el de máximo ancho de banda, tomando en cuenta la presencia de colas de vehículos en las intersecciones y adecuando la velocidad de los vehículos en movimiento a su posibilidad de aprovechar el verde. Tal enfoque es una aproximación que, aunque toma en cuenta los factores relevantes, lo hace en forma estimativa aproximada. Uno de estos factores es la extensión de la cola en número de vehículos. En el apéndice de este trabajo se podrá encontrar la derivación que permite analíticamente estimar la longitud de la cola, según se hace en el programa CRPDN. En el mismo -- apéndice se puede encontrar la derivación que permite estimar la demora mediante una fórmula debida a Newell (ver Ref. 6, p; ejemplo). El desarrollo -- sin embargo es una aproximación al empleado por Newell, que es más exacto y completo.

Si consideramos un segmento cualquiera de una red como el mostrado en la Fig. 18, es posible determinar en función de las intensidades (o volúmenes), del -- t. de ciclo y del reparto en cada una de las intersecciones, la demora en que -- incurrir los vehículos que se mueven de la intersección A a la B. En la Fig. 18 se ilustran los diferentes movimientos que deben ser considerados.



Al hacer variar el defasamiento θ_{AB} asignándole valores comprendidos entre 0 y C , es posible estimar la cantidad de tiempo que consume el conductor cuando va de A a B, hasta que logra cruzar B. La demora ocurre cuando se produce alguno de los eventos siguientes:

- a) Los vehículos que salen de A al llegar a B encuentran el semáforo en rojo. Se acumulan en la cola existente.
- b) Al llegar a B el semáforo está en verde pero existe una cola que está siendo despachada.

Estos dos casos se aplican tanto al movimiento de vehículos en la dirección principal como al del acceso lateral, tomando en cuenta el momento en que cada uno se inicia y el tiempo que emplea en recorrer la distancia comprendida entre A y B.

El problema de la demora puede plantearse de diferentes maneras. El análisis mediante procedimientos matemáticos es complicado sin embargo, y generalmente es necesario introducir simplificaciones que a su vez introducen algún error. Por tal motivo, con frecuencia se acude a técnicas de simulación mediante computadora en las que se emplean los siguientes elementos importantes:

- a) Un modelo matemático relativamente simple que representa el movimiento de los vehículos de una intersección a la siguiente.
- b) Un medio para generar, en forma aleatoria, vehículos que llegan a la intersección A por cada acceso. Generalmente este medio es una sub-rutina del programa.
- c) Un procedimiento para calcular la demora tomando en cuenta los vehículos que experimentan alguna de las situaciones a o b señaladas tres párrafos antes en relación con la Fig. 18.

En la Ref. 7, por el presente autor, se ha desarrollado un tratamiento basado en simulación que constituye una mejora a otros similares publicados en la literatura. La Fig. 19 ha sido tomada de la Ref. 7 y en ella se aprecia la variación de la demora con el desfaseamiento θ para ciertas condiciones de reparto y volúmenes. Nótese que de una figura como esta es posible determinar cual es el desfaseamiento que origina la demora mínima. La obtención de figuras semejantes para valores distintos de los volúmenes, tiempo de ciclo y reparto - permitiría escoger el valor óptimo del desfaseamiento para cada combinación de valores .

Como resultado del análisis de demora, ya sea mediante simulación o siguiendo un procedimiento analítico, se dispone para cada segmento o arco de la red, de una función demora - desfaseamiento que representamos simbólicamente como

$$d_{ij} = d(\theta_{ij}) \quad \text{14}$$

en donde

$$d_{ij} = \text{demora en segundos /ciclo} \\ \text{para el segmento i-j.}$$

$$\theta_{ij} = \text{desfaseamiento en fracción del ciclo.}$$

Cuando se dispone de las funciones $d(\theta_{ij})$ para cada uno de los arcos de una red entonces es posible plantear el problema de obtener la estrategia óptima para una red. Tal problema podría expresarse por ejemplo, de la manera siguiente :

OBTENER AQUEL CONJUNTO DE VALORES
DE θ_{12} , θ_{23} , - - -, θ_{mn} QUE HACEN

$$\sum_{i, j} V_{ij} d(\theta_{ij}) = \text{MINIMO} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 15$$

SIEMPRE Y CUANDO SE CUMPLA QUE

$$\sum_{\text{Lazo } k} \theta_{ij} = nC \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 16$$

Y ADEMÁS

$$0 \leq \theta_{ij} \leq C \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 17$$

PARA TODAS LAS i, j QUE CORRESPONDEN
A LOS NUDOS DE LA RED.

La proposición anterior es la formulación clásica de un problema de Programación Matemática. La Ec.15 se denomina Función Objetivo y las Ecs. 16 y 17 se designan como las restricciones.

En un lapso de menos de diez años se ha generado una gran cantidad de esfuerzo hacia la solución del problema general recién definido. Destacan entre estos esfuerzos aquellos que han alcanzado la realización de los sistemas de programación siguientes:

GLC - Combinations. Este es un sistema que se basa en la técnica de condensación o combinación usada frecuentemente por los ingenieros en Electricidad o Electrónica. Aunque tiene algunas ventajas, posee un conjunto de -

limitaciones que lo han hecho cada vez menos popular. Fué desarrollado en Inglaterra hacia el año de 1965 y fué implementado hasta 1968. Este sistema puede considerarse como el iniciador de los demás esfuerzos.

TRANSYT (A traffic network study tool) Este sistema es hoy en día el más completo y el más eficiente. Con todo esto el sistema no puede operar con redes de más de 50 intersecciones y la cantidad de tiempo para la ejecución de este tipo de problemas es del orden de varias horas de cómputo. Este sistema fué concebido hacia 1969 e implementado formalmente dos años después. Los resultados que se obtienen con su empleo pueden considerarse como los mejores accesibles hoy en día. Fué desarrollado también en Inglaterra.

SIGOP (Signal optimization program) Este es un sistema desarrollado en E. U. A. y sometido a una experimentación y verificación exhaustiva. En principio no es tan completo como TRANSYT pero sus resultados son comparables aunque ligeramente mejores los de TRANSYT. Sin embargo tiene como ventaja la de que sus tiempos de ejecución son considerablemente menores que los de TRANSYT. Este sistema posee en la actualidad dos versiones; la última dada a conocer en marzo de 1974. Su desarrollo se inició sin embargo en 1971.

Además de estos sistemas de programación, existen otros cuya popularidad es proporcional a su eficiencia. En relación con esto conviene señalar que el desarrollo de un sistema como los antes mencionados es una tarea que representa un esfuerzo apreciable en horas-hombre y generalmente requiere de varios años antes de encontrarlo en condiciones adecuadas de eficiencia. Antes de encauzar el proceso definitivo de la programación necesaria, es estrictamente indispensable

ble realizar un conjunto de pruebas de la eficiencia del procedimiento a programar. Esto se consigue considerando áreas pequeñas y realizando la aplicación de los conceptos con ayuda de calculadora de escritorio. Observaciones en el campo deben complementar este conjunto de pruebas.

Sistemas de control del tránsito por computadora.

La tecnología actual ofrece equipos que pueden permitir el control del tránsito por computadora. Estos equipos difieren en su calidad de fabricación así como en el concepto que sirvió de base para su diseño. Las computadoras que figuran como núcleo central de inteligencia, por otro lado, han alcanzado una cierta -- estandarización aún cuando algunas pueden ser mejores que otras en esta aplicación particular.

En las aplicaciones de la computación un factor técnico se convierte en relevante. Aún cuando el equipo posee una eficiencia considerable, su programación puede ser completamente inoperante. Así por ejemplo un sistema que pueda generar una estrategia de control basada en el empleo del método ^{de} Little, -- cada dos o tres minutos, simplemente estará desperdiciando la capacidad del equipo instalado en la calle. La razón de esta inoperabilidad deriva de lo inadecuado que es el algoritmo de Little para tratar con las diferentes situaciones que registra el flujo vehicular en una ciudad.

Un sistema aceptable de control del tránsito debe ser capaz de obtener estrategias eficientes como respuesta a las demandas del flujo vehicular en tiempos considerablemente cortos. Para que la estrategia sea eficiente debe estarse -- generando en-línea, es decir, en el mismo momento en que se están obteniendo los datos en la calle. Además debe garantizar, mediante medidas convenientemente elegidas, que los resultados que se obtienen son los mejores que es -

posible encontrar dentro de las limitaciones de tiempo de ejecución del programa y de las que son inherentes a la configuración del equipo. De nada sirve disponer de un equipo que puede generar soluciones que -- cambian cada 3 o menos minutos, cuando estas soluciones no guardan estrecha relación con la dinámica del proceso que se desea controlar.

COMENTARIOS FINALES

El presente documento es una breve y somera introducción hacia el -- tratamiento de los problemas que aparecen en el empleo de sistemas de control automático (o por computadora) del tránsito. Se espera de - esta manera orientar al lector hacia un enfoque técnico y racional - - cuando de la adquisición de un equipo se trata. Los sistemas de control del tránsito pasan por una fase de evolución acelerada en la que todavía no pueden considerarse como se consideran, usualmente, los utensilios domésticos. Requieren de una aportación considerable de esfuerzo técnico y de conocimiento, para lograr alcanzar su máximo aprovechamiento.

REFERENCIAS

1. - Newell G.F., "The flow of highway traffic through a sequence of synchronized traffic signals" Operations Research, vol. 8 May 1960, pp. 390-405
2. - Newell, G.F., "Synchronization of traffic lights for high flow". Quarterly of Applied Mathematics, vol. 21, January 1964, pp. 315-324
3. - Little, J.D.C., Martin B.V. y Morgan J.T., "Synchronizing traffic signals for maximum bandwidth". Rept. R64-08. Mass. Inst. of Technology, Cambridge Mass., 1964.
4. - Romano, E.J. "A study of selected criteria for real time control of intersections" Tesis Graduate College Texas A & M University, Dec., 1973.
5. - Martínez-Márquez, A. "Ingeniería de Sistemas aplicada al control del tránsito, Memoria del Seminario sobre control dinámico del tránsito, Asociación Mexicana de Ingenieros de Tránsito, A.C. abril de 1974.
6. - Newell, G., "Approximation methods for queues with application to the fixed-cycle traffic light", SIAM Review, Vol. 7, pp. 223-240, 1965.
7. - Martínez-Márquez, A. "Simulación para la optimización del flujo vehicular en una red urbana controlada por computadora", II Congreso Interamericano de Sistema e Informática, Cd. de México, 24 al 30 de noviembre de 1974..

Fig. 4a Desplazamiento casual de varios vehículos en pelotón.

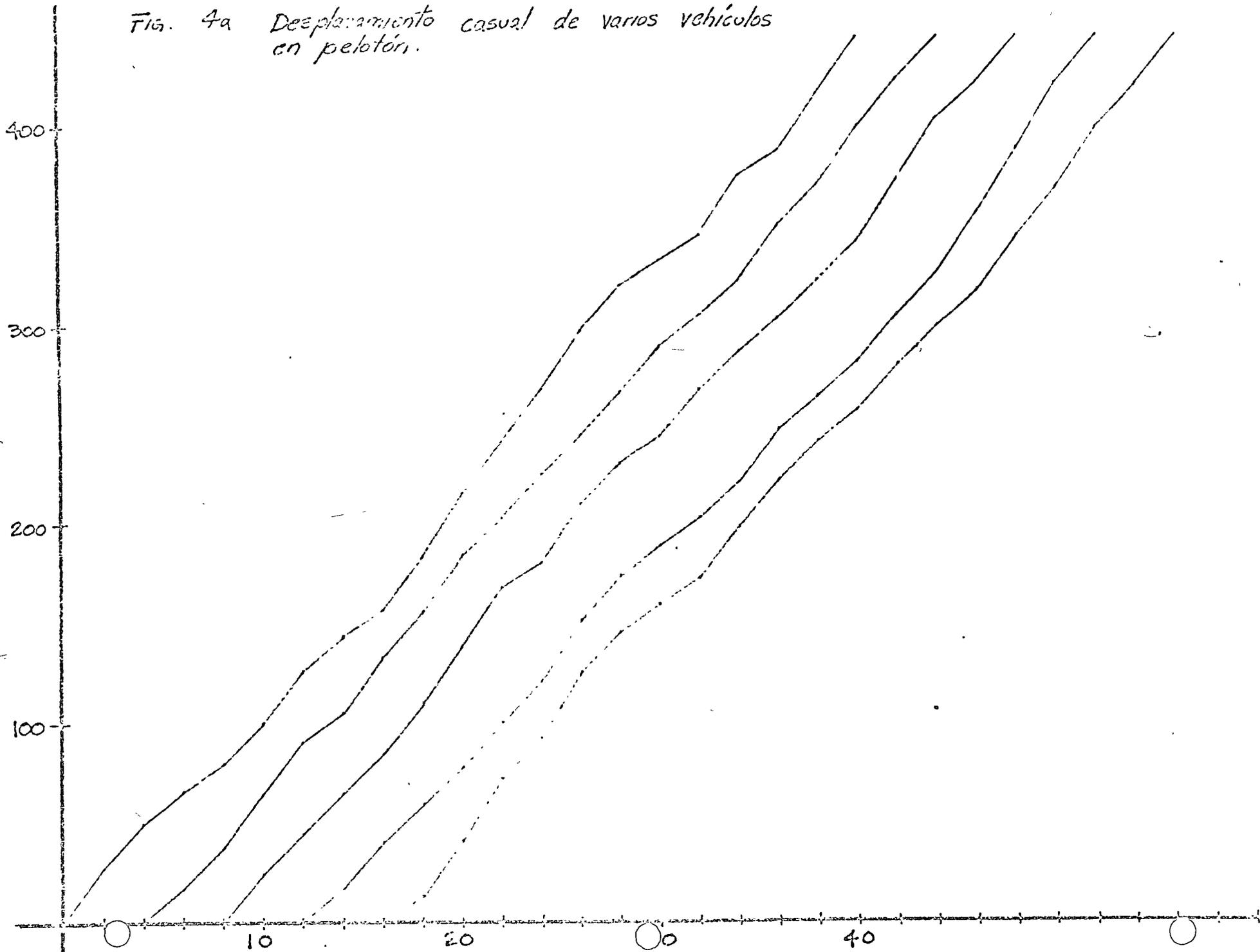
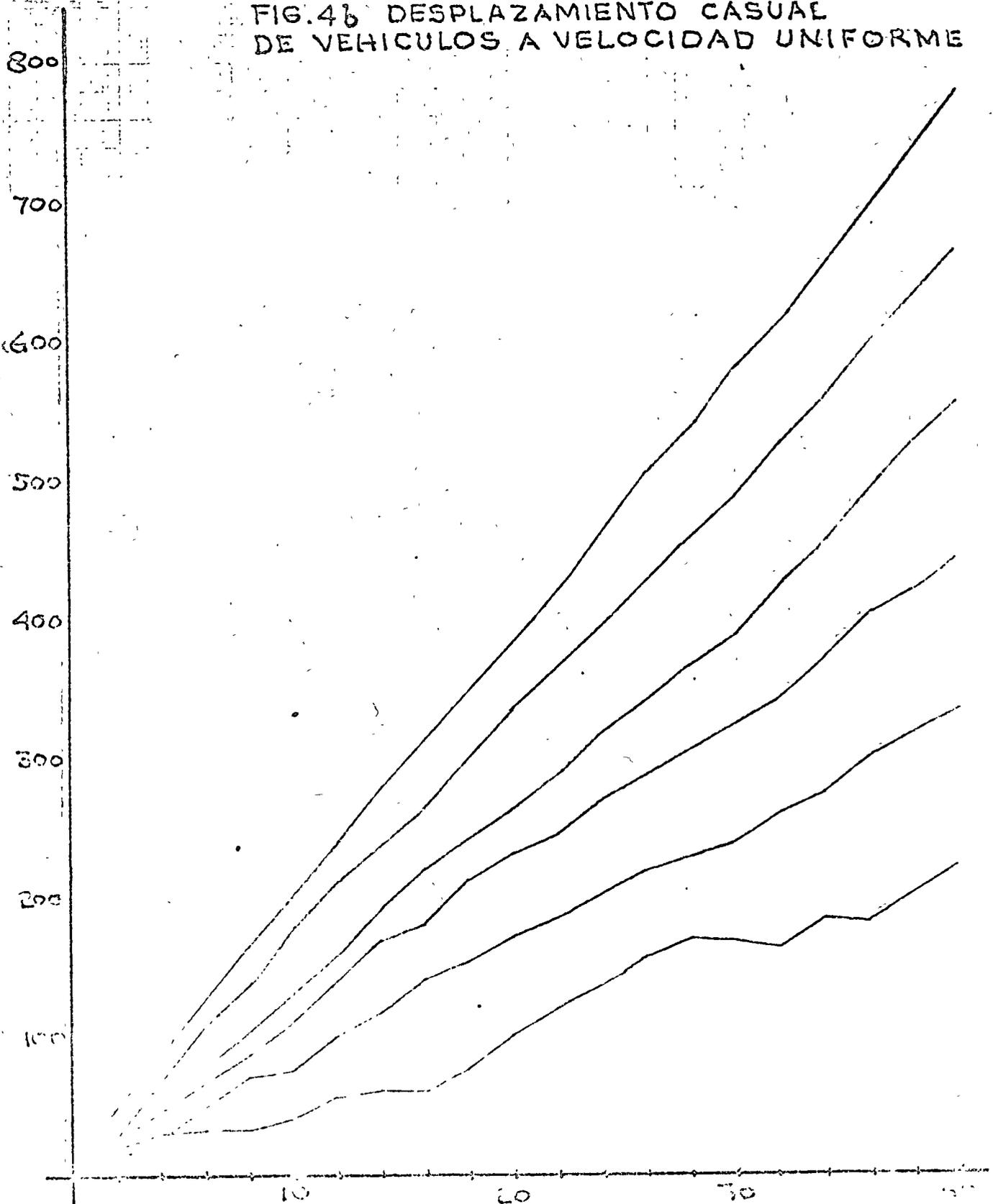


FIG. 4b DESPLAZAMIENTO CASUAL
DE VEHICULOS A VELOCIDAD UNIFORME



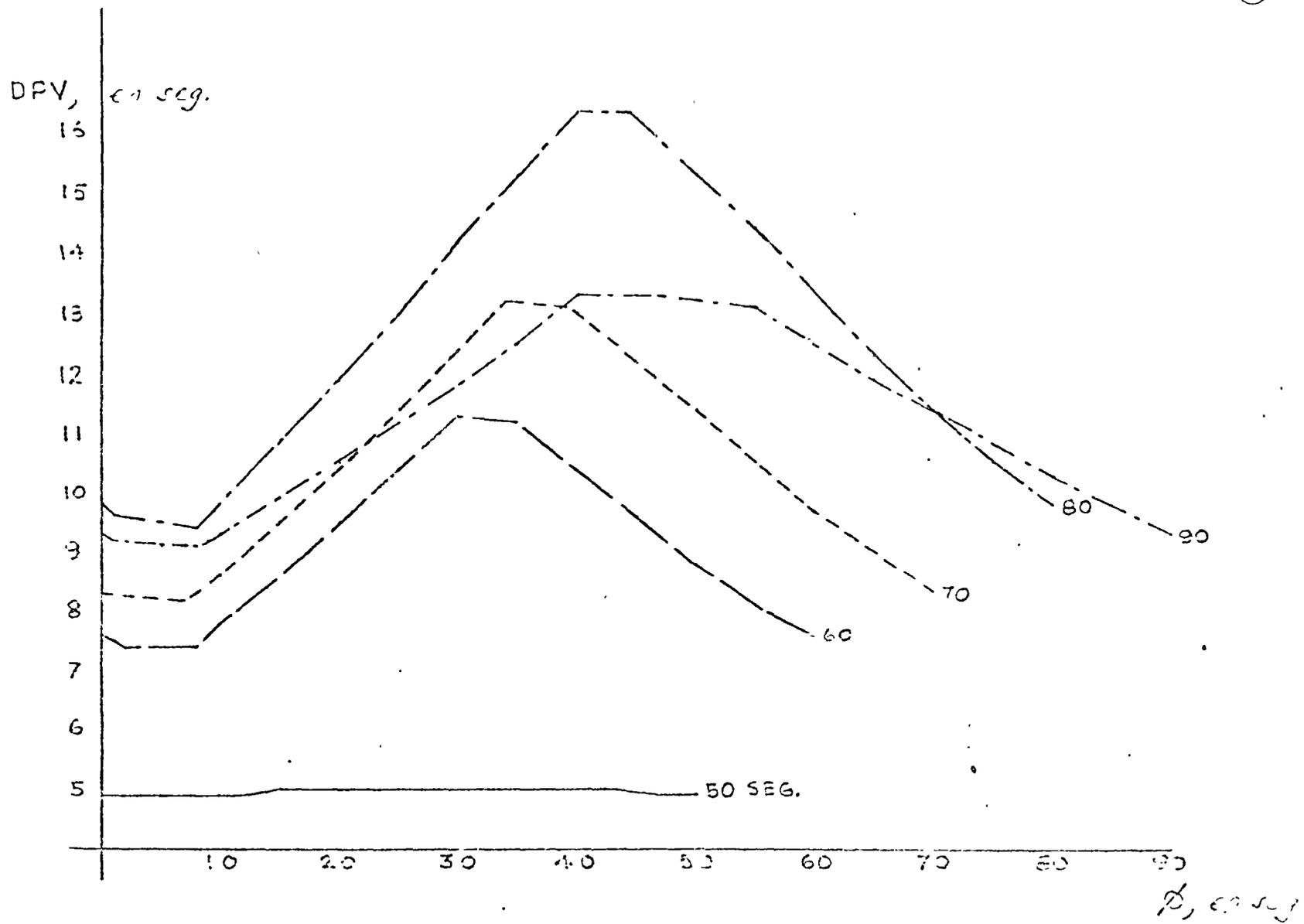
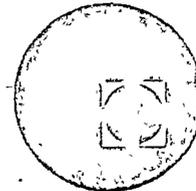


Fig. 19. Variación de la DPV en función de ϕ para diferentes valores de ϕ en el tiempo de la prueba.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

Regulación de los semáforos de tiempo fijo

ING. ERNESTO FLORES URIEGAS.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes

REGULACION DE LOS SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO

Por el Ing. Ernesto F. Flores Uriegas

Abril, 1975

REGULACION DE LOS SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO

INDICE GENERAL

	Página
RELACION DE FIGURAS Y TABLAS	ii
I. - INTRODUCCION	1
II. - DEFINICIONES	4
III. - FASES	5
IV. - TIEMPO DE DESPEJE	7
V. - REQUERIMIENTOS DE TIEMPO PARA PEATONES	9
VI. - ESPACIAMIENTO DE TIEMPO (INTERVALO) DE LOS VEHICULOS ENTRANDO A UNA INTERSECCION SEMAFORIZADA	11
VII. - TIEMPO DEL CICLO	14
VIII. - REPARTO DEL CICLO	22
IX. - EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO	24
BIBLIOGRAFIA	32

REGULACION DE LOS SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
FIGURA 1: DISPOSICION DE LAS FASES	6a
FIGURA 2: INTERVALO PROMEDIO POR VEHICULO EN RELACION CON EL NUMERO TOTAL DE VEHICULOS	16a
FIGURA 3: INTERVALO PROMEDIO POR VEHICULO EN RELACION CON LA DURACION DE LA FASE VERDE	16b
FIGURA 4: PROBLEMA DE INTERSECCION	24a
TABLA 1: INTERVALOS PROMEDIO DE SALIDA EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	12

REGULACION DE LOS SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO

Por el Ing. Ernesto F. Flores Uriegas

I.- INTRODUCCION

Si es que una instalación de semáforos llegue a servir para el mejoramiento del flujo del tránsito o llegue a ser un obstáculo para el mismo, depende en la combinación de dos factores, el primero de los cuales es el tipo de equipo utilizado y la manera en que es instalado, y el segundo, la regulación de los semáforos después de su instalación.

Suponiendo que el equipo ha sido diseñado e instalado de acuerdo con buenas normas técnicas, la regulación adecuada debe ser el ingrediente final para crear una operación eficiente de la intersección o sistema.

En muchos casos, para llevar al grado máximo la eficiencia de un sistema de control de semáforos, implica una serie de aproximaciones sucesivas, es decir, una serie de ajustes, cada uno de los cuales mejora pero no alcanza a -- optimizar la operación. Además, ya que los patrones de tránsito materialmente cambian en zonas urbanas con la construcción de nuevos edificios, la abertura de nuevas áreas de estacionamiento, la abertura de nuevas autopistas o carreteras, así como cambios de las geometrías de las calles, se ve la necesidad de actualizar la información de los patrones de tránsito continuamente y al mismo tiempo la regulación de los semáforos.

La regulación es más crítica con los semáforos sencillos de tiempo fijo y menos crítica con los controles más sofisticados. Mientras más flexibles sean el sistema global y el control local al flujo de tránsito, menos ajustes serán requeridos. Pero aun con los sistemas más flexibles, se requieren vigilancia constante y reevaluación para lograr una eficiencia máxima.

La regulación de los semáforos de tiempo fijo, si se espera realizarse adecuadamente, requiere una preparación considerable. Aforos completos de 24 horas deberán llevarse a cabo para cada acceso de la intersección. Los conteos deberán incluir días tipos de la semana, días especiales de máxima demanda y deberán llevarse a cabo en incrementos de 15 minutos en las horas de máxima demanda. Si el control es de tipo multidial, permitiendo el uso de un ciclo corto para periodos de tránsito ligero, un ciclo intermediario para condiciones de tránsito moderadas y un ciclo largo para condiciones de tránsito durante la hora de máxima demanda, se requieren la realización de cálculos por separado para cada dial. Si un control con un solo dial es usado, la longitud de ciclo debe ser lo suficiente para satisfacer los volúmenes de la hora de máxima demanda, y por lo tanto, la eficiencia durante el resto del día tendrá que sacrificarse.

La determinación de la longitud del ciclo en una intersección con semáforos de tiempo fijo deberá llenar los objetivos conflictivos de mantener los retardos al mínimo y proporcionar la suficiente capacidad para la demanda de tránsito. Para conservar los retardos al mínimo es necesario mantener los

períodos de tiempo rojo para cada movimiento de tránsito tan corto como sea posible y el hecho de que el período de tiempo rojo para un movimiento de tránsito es el período de tiempo verde para el otro movimiento en una intersección sencilla de dos fases, significa que deberá usarse una longitud del ciclo tan corta como sea posible sin perjuicio a los movimientos de tránsito. No obstante, ya que el tránsito es variable, es necesario establecer cada intervalo de tiempo verde bastante amplio para desalojar los volúmenes de tránsito almacenados en casi todos los intervalos de tiempo verde. Un criterio para lograr una eficiencia aceptable es de establecer el tiempo de verde suficientemente amplio para desalojar todo el tránsito almacenado en 95 por ciento de los ciclos.

En general, las longitudes de ciclos cortos son deseables ya que el retardo debido a vehículos parados se reduce. Las longitudes de ciclo comúnmente se establecen entre 30 y 120 segundos pero la experiencia nos dicta que es -- recomendable seleccionar un tiempo de ciclo total al orden de 35 a 50 segundos para una intersección sencilla de ángulo recto con 4 accesos, las cuales deben tener una anchura promedio entre 9 y 12 metros, y con volúmenes de tránsito que no sean extremadamente pesados. En los casos en donde las calles intersecantes son más amplias, haciendo necesario incrementar el tiempo de cruce de peatones, o en donde los volúmenes son extremadamente pesados, o en el caso donde las interferencias de vuelta son substanciales, la longitud del ciclo deberá establecerse entre 45 y 60 segundos. Las longitudes de ciclos para la operación de tres fases normalmente son entre 55 y 80 segundos.

Los volúmenes más pesados deben contar con longitudes de ciclos mayores debido a que los intervalos de tiempo verde deben ser mayores para lograr la capacidad suficiente.

II. - DEFINICIONES

A. - Calle principal: el camino o caminos de acceso de una intersección los cuales normalmente cargan el mayor volumen de tránsito vehicular.

B. - Calle secundaria: el camino o caminos de acceso de una intersección los cuales cargan el volumen menor de tránsito vehicular.

C. - Indicación de semáforo: la iluminación de un lente de semáforo o de la combinación de varios lentes al mismo tiempo.

D. - Intervalo (de semáforo): cualquiera de las distintas divisiones del tiempo del ciclo durante el cual no cambia la indicación de semáforo.

E. - Secuencia de intervalo: la orden consecutiva predeterminada de la exhibición de las indicaciones de semáforo durante intervalos sucesivos dentro del tiempo del ciclo.

F. - Fase de tránsito (movimiento de tránsito): una porción del tiempo de ciclo asignada a cualquier movimiento de tránsito recibiendo el derecho de paso o a cualquier combinación de movimientos de tránsito recibiendo el derecho de paso simultáneamente durante uno o más intervalos. Un movimiento de tránsito puede significar un sólo movimiento vehicular, un sólo movimiento de peatones, o una combinación de estos movimientos.

períodos de tiempo rojo para cada movimiento de tránsito tan corto como sea posible y el hecho de que el período de tiempo rojo para un movimiento de tránsito es el período de tiempo verde para el otro movimiento en una intersección sencilla de dos fases, significa que deberá usarse una longitud del ciclo tan corta como sea posible sin perjuicio a los movimientos de tránsito. No obstante, ya que el tránsito es variable, es necesario establecer cada intervalo de tiempo verde bastante amplio para desalojar los volúmenes de tránsito almacenados en casi todos los intervalos de tiempo verde. Un criterio para lograr una eficiencia aceptable es de establecer el tiempo de verde suficientemente amplio para desalojar todo el tránsito almacenado en 95 por ciento de los ciclos.

En general, las longitudes de ciclos cortos son deseables ya que el retardo debido a vehículos parados se reduce. Las longitudes de ciclo comúnmente se establecen entre 30 y 120 segundos pero la experiencia nos dicta que es recomendable seleccionar un tiempo de ciclo total al orden de 35 a 50 segundos para una intersección sencilla de ángulo recto con 4 accesos, las cuales deben tener una anchura promedio entre 9 y 12 metros, y con volúmenes de tránsito que no sean extremadamente pesados. En los casos en donde las calles intersecantes son más amplias, haciendo necesario incrementar el tiempo de cruce de peatones, o en donde los volúmenes son extremadamente pesados, o en el caso donde las interferencias de vuelta son substanciales, la longitud del ciclo deberá establecerse entre 45 y 60 segundos. Las longitudes de ciclos para la operación de tres fases normalmente son entre 55 y 80 segundos.

Los volúmenes más pesados deben contar con longitudes de ciclos mayores debido a que los intervalos de tiempo verde deben ser mayores para lograr la capacidad suficiente.

II.- DEFINICIONES

A.- Calle principal: el camino o caminos de acceso de una intersección los cuales normalmente cargan el mayor volumen de tránsito vehicular.

B.- Calle secundaria: el camino o caminos de acceso de una intersección los cuales cargan el volumen menor de tránsito vehicular.

C.- Indicación de semáforo: la iluminación de un lente de semáforo o de la combinación de varios lentes al mismo tiempo.

D.- Intervalo (de semáforo): cualquiera de las distintas divisiones del tiempo del ciclo durante el cual no cambia la indicación de semáforo.

E.- Secuencia de intervalo: la orden consecutiva predeterminada de la exhibición de las indicaciones de semáforo durante intervalos sucesivos dentro del tiempo del ciclo.

F.- Fase de tránsito (movimiento de tránsito): una porción del tiempo de ciclo asignada a cualquier movimiento de tránsito recibiendo el derecho de paso o a cualquier combinación de movimientos de tránsito recibiendo el derecho de paso simultáneamente durante uno o más intervalos. Un movimiento de tránsito puede significar un sólo movimiento vehicular, un sólo movimiento de peatones, o una combinación de estos movimientos.

G.- Intervalo de despeje: el tiempo de exhibición de la indicación de semáforo (normalmente de color ámbar) que sigue el intervalo de verde. Es el tiempo asignado únicamente para que los vehículos despejen la intersección después del intervalo de verde.

H.- Intervalo rojo-rojo: el tiempo de exhibición de una indicación de color rojo para todos los accesos de una intersección. Se usa en la mayoría de los casos siguiendo el intervalo de despeje para permitir que los vehículos o peatones crucen una intersección excesivamente larga antes de que los vehículos en el acceso opuesto reciban la indicación de luz verde. Se podrá usar también para crear una fase exclusiva para peatones en combinación con semáforos exclusivos para éstos.

III.- FASES

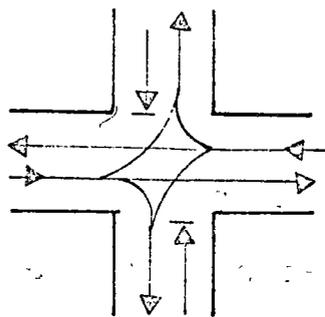
Cuando se usan los semáforos en una operación de alto y siga, es necesario determinar cuánto tiempo del total disponible en la intersección será distribuido a cada movimiento de tránsito. En una intersección dada, el tránsito total es dividido en fases de movimientos en donde uno o más de estos movimientos tienen lugar. A ciertos movimientos se les asigna el derecho de entrar en la intersección y se les da una indicación de luz verde, ámbar o "pase" (para peatones), mientras los otros movimientos están en alto con una indicación de luz roja o "alto" (para peatones). La selección y arreglo de movimientos simultáneos se conoce como disposición de las fases.

El objetivo de la disposición de las fases es dar servicio a todos los movimientos de tránsito con mayor seguridad y el retardo mínimo. La seguridad demanda una disposición de fases que disminuye o elimine todos los conflictos potenciales. Para lograr el número mínimo de retardos, es necesario establecer una disposición de las fases que acepte el número máximo de flujos simultáneos posibles y así realizar un alto volumen de servicio. El uso de fases adelantadas o atrasadas de flecha verde para dar servicio a los movimientos de vuelta u otros movimientos irregulares es un ejemplo de como lograr -- optimización de las fases.

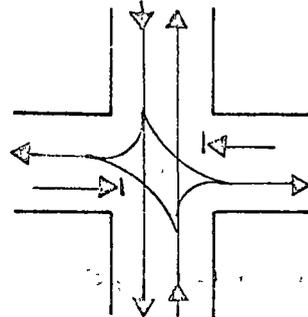
La secuencia de la ocurrencia de fases en una operación multifase puede llegar a ser un factor importante en intersecciones irregulares en donde son tomados en cuenta los conflictos potenciales que pueden ocurrir en los cambios de fases así como los conflictos debidos a la relación tiempo-espacio entre la secuencia de flujos de las fases separadas. Ejemplos ilustrativos de la disposición de fases se muestran en la figura 1.

En términos generales, el número de fases distintas empleadas deben mantenerse a un mínimo sin perjudicar la seguridad y fluidez del tránsito. La selección de flujos en cada fase debe disminuir al mínimo la frecuencia y severidad de los conflictos, y la secuencia de las fases debe lograr que los tiempos perdidos sean mínimos.

La secuencia completa más corta de fases constituye un ciclo de operación. Generalmente cada fase aparecerá únicamente una vez en cada patrón, no obstante, en ciertas circunstancias una fase dada puede repetirse dentro del ---

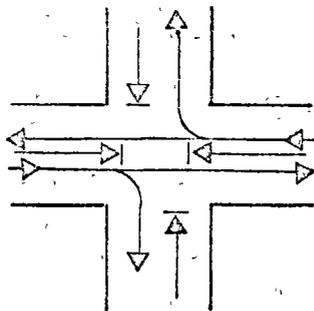


FASE A

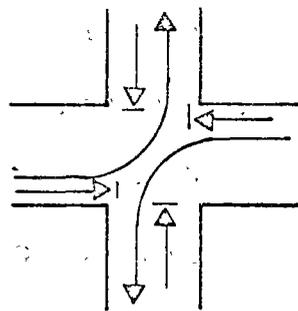


FASE B

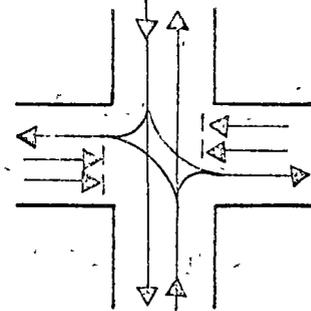
FASES DEL FLUJO DE TRANSITO EN UNA INTERSECCION DE ANGULO RECTO CON DOS CORRIENTES DE TRANSITO DE DOBLE SENTIDO



FASE A

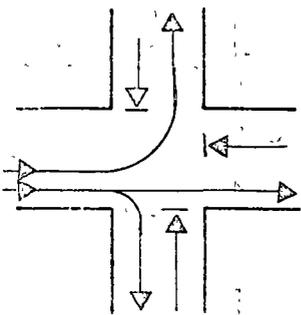


FASE B

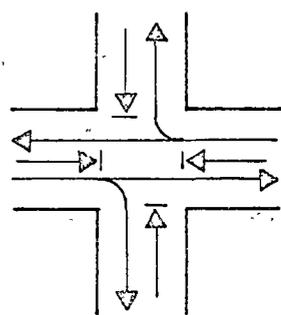


FASE C

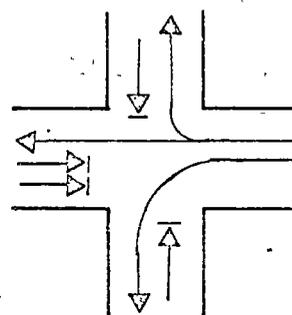
USO DE TRES FASES EN UNA INTERSECCION DE ANGULO RECTO CON DOS CORRIENTES DE TRANSITO DE DOBLE SENTIDO, FASE SEPARADO DE VUELTA IZQUIERDA



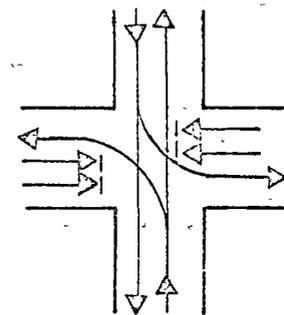
FASE A (ADELANTADA)



FASE A'B'



FASE B (ATRASADA)



FASE C

USO DE FASES ADELANTADAS Y ATRASADAS PARA VUELTA-IZQUIERDA EN UNA INTERSECCION DE ANGULO RECTO CON DOS CORRIENTES DE TRANSITO DE DOBLE SENTIDO

FIGURA I. DISPOSICION DE LAS FASES

mismo ciclo. La duración de cada fase tiene su intervalo de "siga" y en la -- mayoría de los casos, aun cuando no siempre tiene su intervalo de "despeje" - (ámbar). El tiempo total requerido para una secuencia completa de fases se - conoce como la "longitud de ciclo".

IV.- TIEMPO DE DESPEJE

El propósito de la indicación de ámbar, la cual sigue al intervalo de - verde es para dar aviso al tránsito en movimiento que da frente a las señales, que deberá detenerse. La señal debe durar suficiente tiempo para que los -- vehículos puedan despejar la intersección antes de que los vehículos de la si- siguiente fase empiecen a circular. Teóricamente este intervalo debe ser sufi- cientemente amplio para permitir a un vehículo desplazarse a una velocidad - considerada normal para un acceso de intersección, a una distancia igual a la de la sección transversal del acceso transversal más una distancia segura de - frenaje a un alto total. Lo anterior es necesario ya que si el vehículo aproxi- mándose a la intersección se encuentra a una distancia de la misma menor a la que se requiere para frenar a un alto total con seguridad al terminar la indica- ción de ámbar, debe permitirse el tiempo suficiente para que el vehículo pueda desplazarse a una distancia equivalente a la distancia de frenaje a un alto total más una distancia equivalente a la anchura de la calle transversal, a partir de- la línea de alto, antes de que el tránsito de la fase siguiente reciba la indica- -- ción de verde.

Si el intervalo de despeje es demasiado largo, se corre el riesgo de que sea utilizado como parte del intervalo de verde y consecuentemente pierde su propósito. Si es demasiado corto, puede constituirse en un peligro y aumentar los accidentes de tipo alcance. En la mayoría de las intersecciones urbanas, un intervalo de despeje de 3 segundos produce buenos resultados. En las intersecciones en donde existen velocidades altas o en donde los accesos son excepcionalmente amplios, se podrán justificar intervalos de despeje de 4 a 6 segundos.

La siguiente fórmula se recomienda para determinar el tiempo total de despeje requerido, la cual incorpora la distancia de frenaje apropiada.

$$Y = t + \frac{1}{2} \frac{v}{a} + \frac{w + l}{v} \quad (1)$$

en donde

Y = Intervalo de despeje, en segundos ;

t = al tiempo de percepción - reacción, en segundos siendo el valor recomendado = 1.0.

v = velocidad del vehículo de despeje, en metros por segundos.

a = desaceleración del vehículo de despeje, en metros por segundo², siendo el valor recomendado = 15.

w = ancho de la calle transversal a partir de la línea de alto.

l = longitud del vehículo, en metros, siendo el valor recomendado = 6.

Esta fórmula se basa en el coeficiente de fricción al derrape de aproximadamente 0.5.

Mientras los intervalos de despeje en exceso de 5 segundos pueden ser necesarios en intersecciones muy amplias o complicadas, tienen la probabilidad de causar impaciencia en los conductores esperando el cambio de indicación, los cuales pueden resultar en que algunos vehículos empiecen a moverse a través de la intersección antes de que la indicación de verde aparezca. Bajo tales condiciones se ha comprobado que un intervalo de despeje funciona satisfactoriamente cuando el tiempo de ámbar es suplementado con un intervalo corto de rojo-rojo de duración suficiente (normalmente 1 ó 2 segundos), inmediatamente después del intervalo de ámbar, para así permitir el despeje total de la intersección antes de que los vehículos de la siguiente fase entren en la misma.

V.- REQUERIMIENTOS DE TIEMPO PARA PEATONES

Como regla general, para determinar el tiempo de las fases, ningún intervalo de "siga" para vehículos deberá ser de una duración menor a la que se requiere para que un grupo de peatones pueda cruzar a un punto de seguridad, a menos que un intervalo exclusivo para el cruce de peatones sea también empleado. Los experimentos llevados a cabo relacionados con los tiempos de semáforo han demostrado que, en cuanto a los movimientos de vehículos, una eficiencia -- excelente puede lograrse bajo ciertas condiciones fuera de la hora de máxima demanda, con intervalos de "siga" tan breves como de 15 segundos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los intervalos deben ser de mas duración para dar oportunidad al peatón de cruzar el rodamiento con seguridad.

Cuando el tiempo de cruce de peatones se lleva a cabo simultáneamente con el período de "siga" de los vehículos, que es el caso más frecuente, el intervalo total de "siga" debe tener la duración suficiente para permitir 5 segundos por lo menos para que los peatones puedan empezar a cruzar (tiempo de iniciación de cruce de peatón), y el tiempo adicional suficiente para permitir a los peatones que han entrado a la zona de rodamiento, alcanzar a un lugar de refugio, mismo que deberá formar parte del intervalo de despeje para los vehículos. Por lo tanto, si la mayoría de los peatones toman 14 segundos para cruzar el rodamiento o alcanzar a un lugar de refugio y si el intervalo de despeje para los vehículos es de 3 segundos, el intervalo total de "siga" debe de ser a lo menos $5 + 14 - 3 = 16$ segundos. La velocidad a la cual los peatones cruzan una intersección se considera normalmente entre 1.0 y 1.2 metros por segundo.

En los casos en donde se prohíbe el estacionamiento en las calles que forman la intersección, es necesario asignar suficiente tiempo para que los peatones puedan atravesar una distancia de guarnición a guarnición. Por otra parte, en los accesos en donde se permite el estacionamiento, es únicamente necesario asignar suficiente tiempo para que el peatón libere los carriles de circulación, reduciendo el tiempo de verde requerido en dos segundos aproximadamente.

Para muchas instalaciones de semáforos en áreas urbanas, no serán los volúmenes de tránsito sino los requerimientos de tiempo para peatones que determinarán los intervalos mínimos de "siga". Esto es especialmente cierto en las calles que son más amplias, en donde el tránsito vehicular puede despejar la intersección en menor tiempo de lo que puede cruzar el peatón. El peatón debe

tomarse en consideración en la mayoría de los casos en zonas urbanas.

En las intersecciones en donde se emplean semáforos exclusivos para el cruce de peatones (indicación de PASE y ALTO), un tiempo de reacción o iniciación de cruce de 5 segundos es recomendado para incorporarlo al tiempo total de cruce de los peatones y el tiempo de despeje para el tránsito vehicular se resta del tiempo total de cruce del peatón para determinar el intervalo mínimo de "siga".

En una calle con faja separadora central de 1.20 metros de ancho o -- más, es únicamente necesario asignar suficiente tiempo de despeje para que el peatón en una fase dada, pueda librar la distancia entre guarnición y faja separadora. Sin embargo, si el semáforo cuenta con una fase accionada por el peatón, será necesario instalar un detector adicional en la faja separadora central.

VI. - ESPACIAMIENTO DE TIEMPO (INTERVALO) DE LOS VEHICULOS ENTRANDO A UNA INTERSECCION SEMAFORIZADA

El intervalo mínimo de salida representa el espaciamiento de tiempo entre el instante en que vehículos sucesivos, esperando en un carril dado, entran en la intersección. Cuando se encuentra una línea continua de vehículos esperando que empiece la señal verde, existe un retardo inicial para que los primeros - vehículos en línea empiecen a caminar. Los vehículos que siguen a estos primeros vehículos tendrán intervalos aproximadamente iguales. Los valores promedio de intervalos mínimos varían de acuerdo con el número de movimientos de -- vuelta, con las características del tránsito, las condiciones de estacionamiento y

otros factores. Los resultados de un estudio detallado de intervalos de salida - que fue llevado a cabo por Greenshields se observan en la tabla siguiente:

TABLA NUM. 1. INTERVALOS PROMEDIO DE SALIDA EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Automóvil en línea (Número)	Tiempo de verde consumido (Valores medios)
1	3.8
2	3.1
3	2.7
4	2.4
5	2.2
6 y más	2.1

Ref.: Greenshields et al., Traffic Performance at Urban Intersections,
Tech. Rep. 1, Yale BHT, 1947.

Para los vehículos que esperaban la iniciación de la señal verde, se demostró que los tiempos de salida indicados en la tabla fueron los requeridos por vehículo ligero. Los movimientos a través de la intersección no incluyen a aquellos vehículos que dan vuelta a la derecha.

Del mismo estudio que se llevó a cabo, se determinó que cada - vehículo dando vuelta a la izquierda causaba un retardo adicional, no únicamente al carril de donde se efectuaba el movimiento, sino también a los carriles --

opuestos. Los resultados demostraron que cada movimientos de vuelta izquierda, cualquiera que fuera su dirección, consume aproximadamente 1.3 segundos de tiempo adicional y cada autobús y camión de carga consume aproximadamente 1.5 del tiempo de un vehículo de pasajeros. Por lo tanto, suponiendo que 10 vehículos están en línea en una intersección, siendo el tercero en línea un autobús, el octavo en línea un camión de carga y dos movimientos de vuelta izquierda, el tiempo total requerido para que estos 10 vehículos entren en la intersección se calcula

$$(1.3 \times 2) + 3.8 + 3.1 + (2.7 \times 1.5) + 2.4 + 2.2 \\ + (2 \times 2.1) + (2.1 \times 1.5) + (2 \times 2.1) = 29.7 \text{ segundos.}$$

Este cálculo representa únicamente el tiempo requerido para que los vehículos puedan entrar en la intersección. A esta cantidad de tiempo verde -- debe agregarse el tiempo del intervalo de despeje para permitir que el último -- vehículos despeje la intersección antes de que el tránsito de la fase siguiente -- reciba su indicación de "siga".

Si se supone que todos los vehículos indicados en la Tabla Núm. 1 proceden a intervalos iguales de 2.1 segundos, el tiempo requerido para que los -- primeros cinco vehículos pasaran hubiera sido $2.1 \times 5 = 10.5$ segundos, pero -- en realidad fueron 14.2 segundos. Por lo tanto, el tiempo adicional de 3.7 se-- gundos puede pensarse como el tiempo representando el retardo de comienzo -- que sería requerido al principio de cada fase verde. Considerando los requeri-- mientos de esta manera, es lo mismo como decir que el tiempo verde requerido para n vehículos es igual a $2.1n + 3.7$. Se debe observar que esta relación es --

válida únicamente para $n \geq 5$. Para la mayoría de los semáforos, los intervalos de verde son de suficiente duración para que a lo menos cinco vehículos puedan pasar. Es razonable usar $2.1n + 3.7$ para calcular el tiempo de verde -- necesario en la determinación de la longitud de ciclo.

Para desarrollar los requerimientos de la longitud del ciclo en un caso -- ideal, deben recabarse los datos de campo necesarios para este propósito. Lo -- anterior generalmente no es factible, a lo menos que condiciones específicas -- justifiquen el gasto en tiempo y esfuerzo para llevar a cabo un estudio. En gene -- ral, sin embargo, los valores indicados en la Tabla Núm. 1 se consideran razo -- nables para la mayoría de las situaciones promedio y por lo tanto se pueden em -- plear para determinar longitudes de ciclo aceptables.

VII.- TIEMPO DEL CICLO

Los engranes para establecer la longitud del ciclo en un control de semá -- foros de tiempo fijo son disponibles como equipo estandar en múltiplos de 5 se -- gundos para longitudes de ciclo hasta 90 segundos y en múltiplos de 10 segundos -- para longitudes de ciclo de 90 a 120 segundos. Tiempos de ciclos distintos a los -- arriba mencionados requieren la aplicación de engranes especiales los cuales -- son antieconómicos. Para consideraciones económicas, las longitudes de ciclo -- deberán ser escogidas a los 5 ó 10 segundos más cercanos, dependiendo de la -- longitud del ciclo.

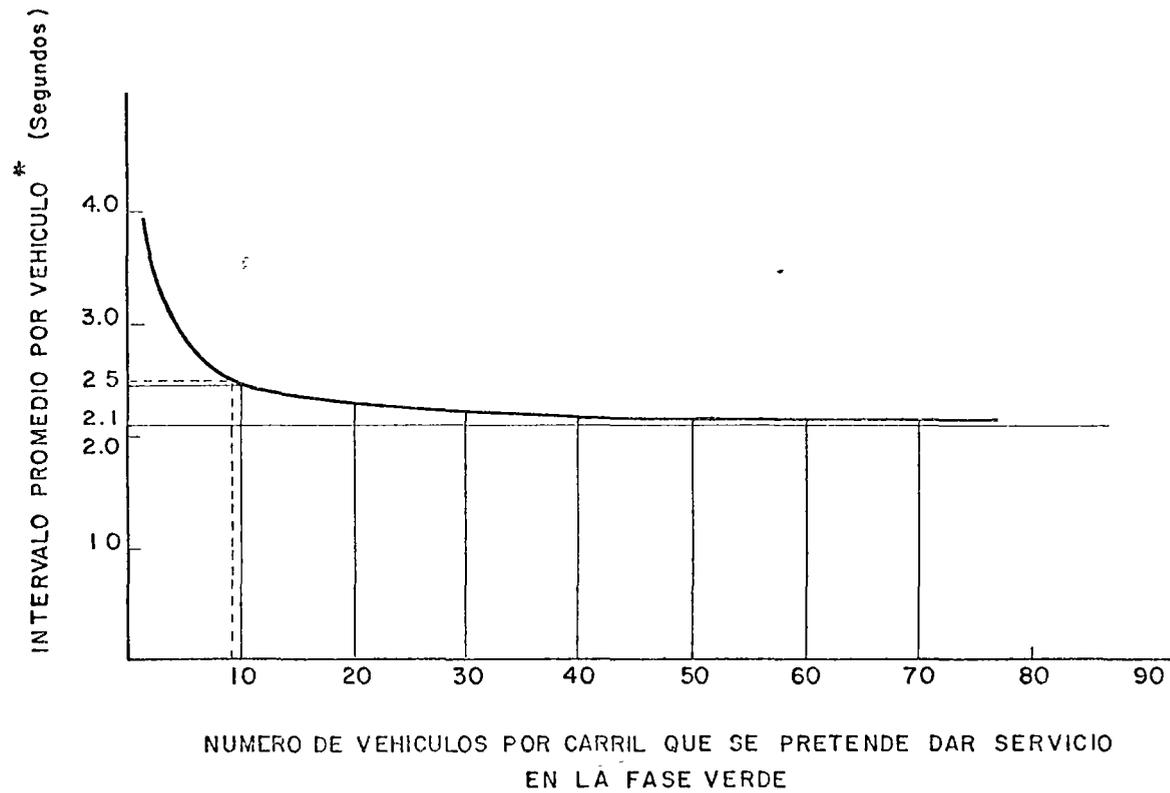
Las longitudes óptimas de ciclo deben permitir pasar el tránsito a través de una intersección con un retardo mínimo. En la determinación del número de vehículos que deberán pasar una intersección en un intervalo de "siga", es necesario no solamente considerar aquellos vehículos que se acumulan durante la indicación de rojo para dirección dada, sino que también deberán considerarse aquellos vehículos que llegan durante la indicación de verde para esa misma dirección, así como los que llegan durante el intervalo de despeje. Por lo tanto, la longitud total del ciclo debe ser considerada para determinar el número de vehículos que pueden pasar durante el intervalo de "siga".

Para determinar los tiempos de los semáforos, es de suma importancia considerar las variaciones de tránsito durante la hora de máxima demanda. Un periodo de 15 minutos dentro de dicha hora se considera ser el intervalo de tiempo práctico más corto para expresar esta variación. El factor horario de máxima demanda (FHMD) se define como la relación entre el número de vehículos entrando en la intersección durante la hora de máxima demanda y cuatro veces el número de vehículos entrando durante el periodo de 15 minutos de mayor flujo en dicha hora máxima. Si el flujo de tránsito es uniforme durante toda la hora máxima, de tal modo que cada periodo de 15 minutos carga la misma cantidad de vehículos, el $FHMD = 4 N / 4N = 1.0$; en el otro extremo, si todo el tránsito durante la hora máxima circula durante un solo periodo de 15 minutos, el $FHMD = N / 4N = 0.25$. En la mayoría de las intersecciones, el $FHMD = 0.85$. Por lo tanto, el flujo de tránsito durante el periodo de 15 minutos de flujo máxi-

$mo = V/4 \times 0.85 = 0.294 V$, aproximadamente $0.3V$, en donde V es igual al flujo durante la hora de máxima demanda.

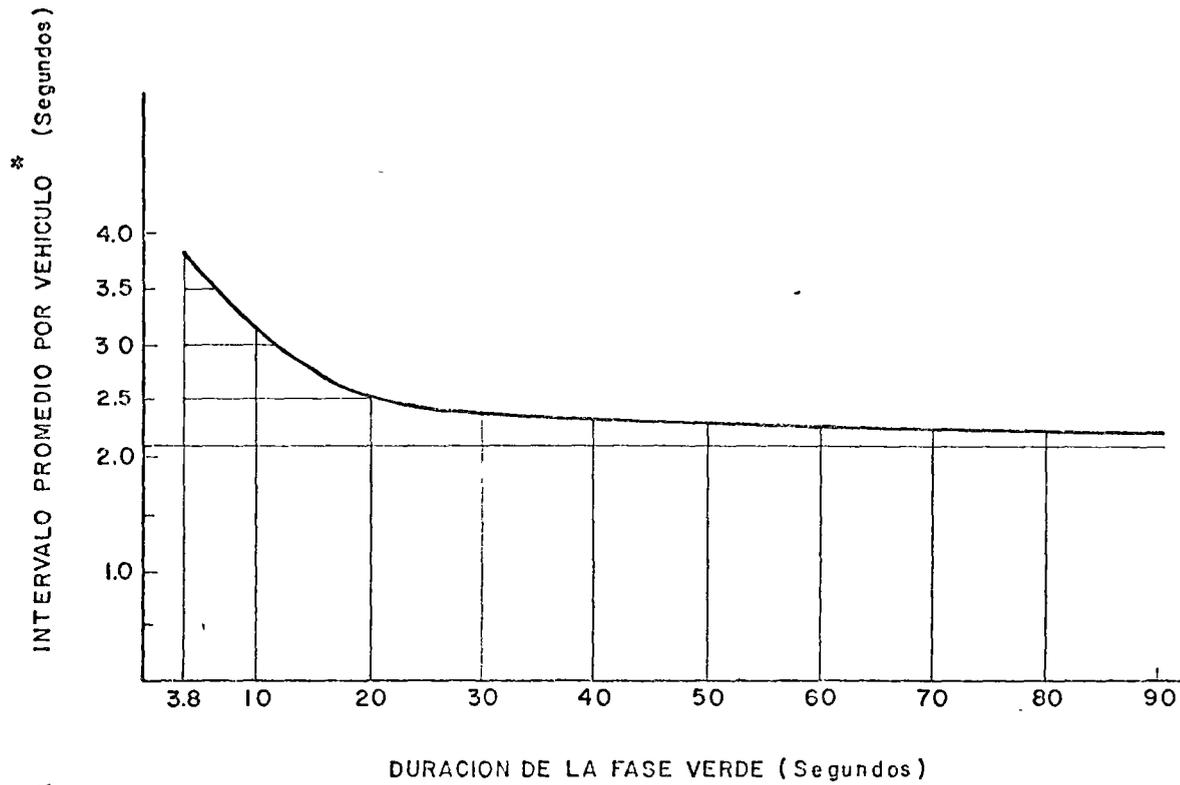
Empleando el espaciamiento de tiempo presentado en la Tabla 1, se puede determinar un intervalo promedio aproximado por vehículo. En la figura 2 se presenta la gráfica de los intervalos promedio por vehículo en función a los vehículos que pasan. En la figura 3 se presenta la gráfica de los intervalos promedio por vehículo en función al número de vehículos que pasan. De esta última figura se puede observar que para cada intervalo de verde de 20 a 30 segundos, el intervalo promedio por vehículo es de 2.4 a 2.5 segundos. Para los casos en donde existen fases aproximadamente iguales, este valor de intervalo es razonable para semáforos de dos fases y con longitud de ciclo a la orden de 40 a 60 segundos y para semáforos de tres fases con longitud de ciclo de 60 a 90 segundos. Este es el rango de longitud de ciclo mas común en el cual se establece el tiempo para los semáforos. Si se calcula que una longitud de ciclo (o fase verde) más larga es requerida, entonces deberá usarse un intervalo promedio proporcionalmente más corto (de la fig. 3). Para propósitos de ilustración, un valor promedio de 2.5 segundos por vehículos de pasajero será usado, al menos que se indique lo contrario.

Como ya se mencionó anteriormente, los vehículos dando vuelta a la izquierda así como los vehículos pesados, requieren más tiempo de verde que los vehículos de pasajeros que siguen de frente. Un método para tratar este problema ya ha sido explicado anteriormente. Ese procedimiento requiere el conocimiento del número de vehículos deseando cruzar en cada ciclo. Lo anterior -



* DE GREENSHIELDS

FIG. 2 INTERVALO PROMEDIO POR VEHICULO EN RELACION CON EL
 NUMERO TOTAL DE VEHICULOS



* DE GREENSHIELDS

FIG. 3 INTERVALO PROMEDIO POR VEHICULO EN RELACION CON LA DURACION DE LA FASE VERDE

es una función de la longitud del ciclo y por lo tanto no puede ser determinada con precisión hasta que la misma longitud del ciclo ha sido determinada aproximadamente.

El procedimiento que puede emplearse para tomar en cuenta los efectos perjudiciales de los vehículos pesados y movimientos de vuelta en el tiempo de comienzo o en el intervalo promedio, para la determinación de la longitud del ciclo, es convertir el volumen de demanda, el cual es dado en vehículos mixtos por hora con porcentajes de vueltas izquierda y vehículos pesados, a un volumen equivalente de vehículos ligeros que siguen de frente. Este procedimiento establece vehículos ligeros equivalentes (vle) para todos los vehículos de demanda. Bajo este procedimiento cada vehículo ligero (que no da vuelta a la izquierda) es igual a 1.0 vle. Los autobuses y vehículos pesados se consideran ser igual a 1.5 vle, ya que sus tiempos de comienzo se han observado ser de 1.5 veces más que los vehículos ligeros. Los vehículos que dan vuelta a la izquierda son equivalentes a aproximadamente 1.6 vle. Lo anterior se basa en el descubrimiento de que cada movimiento de vuelta izquierda consume aproximadamente 1.3 segundos de tiempo adicional. Ya que el intervalo mínimo de salida es de 2.1 segundos, se puede demostrar que

$$1 \text{ vuelta izquierda} = \frac{2.1 + 1.3}{2.1} = 1.6 \text{ vle}$$

Debe observarse que este factor de expansión de 1.6 es válido únicamente para aquellos vehículos en el acceso que se está usando para determinar la longitud mínima de ciclo aceptable. Las vueltas izquierda de la dirección opues-

ta también requieren 1.3 segundos adicionales. Lo anterior es igual como si se considerara que cada vuelta izquierda opuesta fuera igual a $1.3/2.1 = 0.6$ vle. Si la suma del tránsito opuesto dando vuelta a la izquierda no es muy grande, es razonable ignorarlo en los cálculos del ciclo aproximado. No obstante, debe ser considerado cuando se emplean los requerimientos más exactos de tiempo de vehículos para verificar el ciclo seleccionado. Este es el procedimiento que se usará en el ejemplo que se explica más adelante. Muy pocos datos han sido recabados los cuales indiquen que un vehículo dando vuelta a la derecha equivale aproximadamente 1.4 vle. Este factor aproximado depende altamente del radio de la guarnición, velocidad de acceso, y número de peatones presentes que puedan ocasionar conflicto con los vehículos efectuando dicho movimiento. En general, en los lugares en donde el número de vehículos dando vuelta a la derecha es bajo y en donde los conflictos entre vehículo y peatón son mínimos, es común no tomar en cuenta el tiempo extra que puede ser requerido por los vehículos de vuelta derecha. Cuando los conflictos de peatones con los vehículos de vuelta derecha son sustanciales, los valores aproximados, especialmente cuando se basan en datos limitados de campo, no deberán considerarse como los adecuados. Es preferible llevar a cabo una investigación de campo para determinar con más precisión el efecto real de estos conflictos en la intersección en consideración.

Si se considera una intersección simple con cuatro accesos y un ciclo de dos fases, el siguiente procedimiento podrá ser usado para determinar la longitud del ciclo aproximado. Debe notarse que el término "aproximado" es apro-

piado. Después de que el ciclo es dividido para formar las fases requeridas, la longitud del ciclo puede verificarse y/o ajustarse con base en los otros requerimientos ya presentados.

Dejar:

N_1 = Al volumen del carril crítico de la calle principal, o sea el número de vehículos entrando en la intersección sobre un solo carril de la calle principal durante la hora de máxima demanda. N_1 es el volumen más grande que se registra en todos los carriles que comprenden los dos accesos de la calle principal.

N_2 = Al volumen del carril crítico de la calle secundaria, o sea el número de vehículos entrando en la intersección sobre un solo carril de la calle secundaria durante la misma hora de máxima demanda que N_1 . N_2 es el volumen más grande que se registra en todos los carriles que comprenden los dos accesos de la calle secundaria.

C = Longitud del ciclo, en segundos

S_1 = Al intervalo promedio aproximado entre vehículos entrando en la intersección sobre N_1 .

S_2 = Al intervalo promedio aproximado entre vehículos entrando en la intersección sobre N_2 .

Y_1 = Intervalo de despeje para vehículos (ámba), en segundos, para la dirección de N_1 .

Y_2 = Intervalo de despeje para vehículos (ámba), en segundos, para la dirección de N_2 .

K = Número de ciclos en un período de 15 minutos.

Con base en lo anterior, el tiempo total requerido para pasar todos -- los vehículos a través de la intersección durante el período de 15 minutos de -- flujo máximo dentro de la hora de máxima demanda es:

$$T = \frac{N_1 S_1 + N_2 S_2}{4 \text{ (FHMD)}} \quad (2)$$

y el tiempo total requerido para los intervalos de despeje es:

$$K (Y_1 + Y_2) \quad (3)$$

La suma de (2) y (3) tiene que ser menor o igual a 900 segundos, el tiempo -- total disponible en un período de 15 minutos; por lo tanto:

$$T + K (Y_1 + Y_2) \leq 900 \text{ segundos} \quad (4)$$

Así es que para una condición de límite,

$$K = \frac{900 - T}{Y_1 + Y_2} \quad (5)$$

No obstante,

$$K = \frac{900}{C} \quad (6)$$

Sustituyendo las expresiones (2) y (6) en la fórmula (5) y resolviendo para obtener C,

$$C_{\text{mín}} = \frac{Y_1 + Y_2}{1 - (N_1 S_1 + N_2 S_2) / 3,600 \text{ (FHMD)}} \quad (7)$$

La longitud de ciclo determinado mediante esta relación podrá mante-- ner una operación insaturada durante una carga de tránsito máxima promedio o

"típica", la cual es determinada multiplicando el factor horario de máxima demanda (FHMD) por el volumen horario promedio durante dicha hora máxima.

Para intersecciones más complicadas la expresión general es la siguiente:

$$C_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^M Y_i}{1 - \left[\sum_{i=1}^M N_i S_i / 3,600 (\text{FHMD}) \right]} \quad (8)$$

En donde M = número de fases.

La expresión básica puede ser modificada para llenar otros requisitos específicos. Por ejemplo, si se desea incluir una fase exclusiva en el ciclo para el paso de peatones, puede incluirse mediante la siguiente relación:

$$C = \frac{Y_1 + Y_2 + P + Y_p}{1 - 0.000333 (N_1 S_1 + N_2 S_2)} \quad (9)$$

en donde P es la longitud del intervalo de "siga" para los peatones, en segundos, y Y_p es la longitud del intervalo de despeje de los peatones.

Debe notarse que cuando el intervalo de "pase" ocurre simultáneamente con el intervalo de verde para los vehículos, esto no constituye una fase de peatones adicional y por lo tanto no debe llevarse a cabo un cálculo para incluirlos.

VIII. - REPARTO DE CICLO.

Si durante la hora de máxima demanda, el espaciamiento de tiempo -- promedio (intervalo) entre los vehículos de los accesos principal y secundario -- es aproximadamente igual, el reparto de tiempo verde disponible en el ciclo -- puede realizarse en proporción directa a los volúmenes de los carriles críticos de las calles intersectantes. Por ejemplo, se consideran dos calles A y B que -- intersectan con volúmenes de carriles críticos N_a y N_b respectivamente. Se supone que los intervalos de salida para la calle A, o sea S_a , es aproximadamente igual al intervalo de salida B, o sea S_b . El tiempo total de verde disponible es

$$G_a + G_b = C - (Y_a + Y_b) \quad (10)$$

Dividiendo el tiempo verde en proporción a los volúmenes relativos de los carriles críticos, se tiene

$$G_a = \left(\frac{N_a}{N_a + N_b} \right) [C - (Y_a + Y_b)] \quad (11)$$

Simplificando,

$$G_a = \frac{C - (Y_a + Y_b)}{1 + (N_b / N_a)} \quad (12)$$

y

$$G_b = C - (Y_a + Y_b) - G_a \quad (13)$$

No obstante, si S_a no es aproximadamente igual a S_b , lo cual puede -- ocurrir, por ejemplo en el caso de una calle que queda sobre una pendiente significativa, el tiempo de verde disponible debe repartirse en la proporción del producto de

volumen del carril crítico y el intervalo promedio como sigue:

$$\frac{G_a}{G_b} = \frac{N_a S_a}{N_b S_b} \quad (14)$$

Una proporción similar de tiempo verde puede desarrollarse para un ciclo de tres fases (o cualquier multifase).

De cualquier manera, la repartición del tiempo de este modo asegura que cada acceso reciba esencialmente un servicio "igual". La suposición básica aquí es que los patrones de arribos de tránsito, tanto en la calle principal como secundaria, son esencialmente iguales. Si es conocido que una de las calles tiene un patrón de arribo con una diferencia significativa a la otra, aun cuando ambas tengan el mismo intervalo promedio, puede resultar más eficiente repartir el tiempo a las fases mediante otro método de distribución. No obstante, al no presentarse esta situación, el reparto proporcional tiene el beneficio obvio de servir a todos de una manera "igual".

Debe enfatizarse a esta altura que no importando los resultados obtenidos mediante los procedimientos arriba descritos o cualquier otro procedimiento para el reparto de ciclo, todas las otras consideraciones tales como el tiempo requerido para el cruce de peatones y las limitaciones físicas de la intersección, deben satisfacerse.

IX.- EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO

El siguiente ejemplo da a conocer el uso de las metodologías tratadas.

Se desea analizar una intersección sencilla de dos fases (ver Fig. 4).

Los siguientes datos son pertinentes a la intersección:

La velocidad de camino para los peatones es de 1.1 km/h.

Se supone una velocidad de 40 km/h para todos los accesos.

Porcentaje de vehículos pesados == 10%

Porcentaje de vueltas izquierda = 15%

Las vueltas derecha no se consideran por separado.

El FHMD = 0.85

Los volúmenes están indicados en la figura 4.

Con los datos disponibles, determinar la longitud aproximada del ciclo y el reparto del mismo en dos fases.

SOLUCION:

A. - Cálculo de los volúmenes de los carriles críticos:

La figura 4 nos indica que los volúmenes críticos son los siguientes:

Calle principal = 880 vph

Calle secundaria = 320 vph

Usando un factor de vehículo pesado de 1.5, un factor para vuelta izquierda de 1.6 (se ignora las vueltas izquierda del sentido opuesto), los volúmenes en vlc se calculan como sigue:

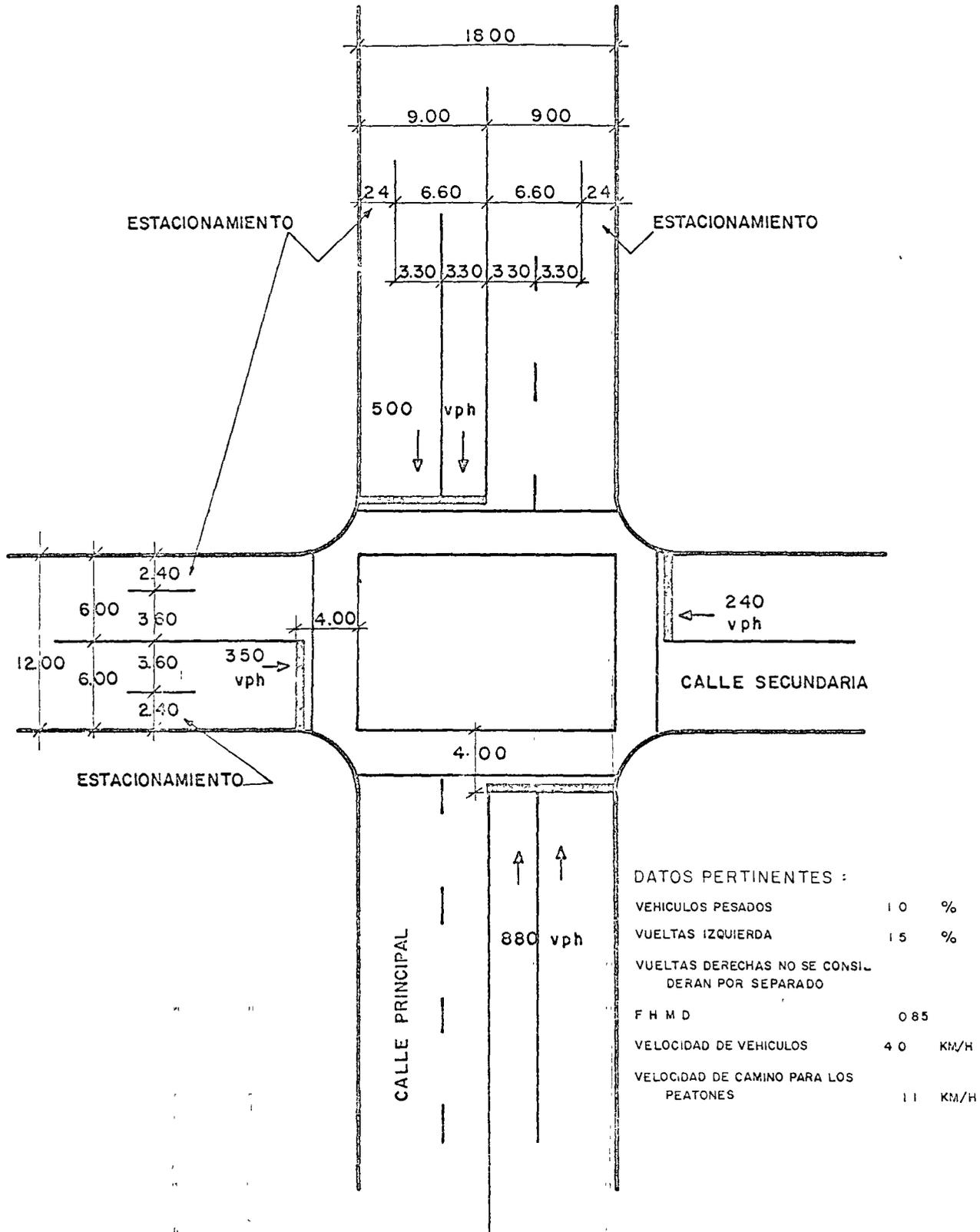


FIGURA 4

$$\begin{aligned} \text{Calle principal : } & (0.15) (1.6) (880) + (0.10) (1.5) (880) + (0.75) (880) \\ & = 1,000 \text{ v/e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Calle secundaria: } & (0.15) (1.6) (350) + (0.10) (1.5) (350) + (0.75) (350) \\ & = 400 \text{ v/e} \end{aligned}$$

La calle principal tiene un ancho de 18.0 m, con estacionamiento en ambos lados (2.4 m c/u), dejando 13.2 m para la circulación de vehículos, o sea 2 carriles de 3.3 m c/u en cada sentido. La calle secundaria tiene un ancho de 12.0 m, con estacionamiento en ambos lados (2.4 m c/u), dejando 7.2 m para la circulación de vehículos o sea 1 carril de 3.6 m en cada sentido. Suponiendo una distribución igual entre los carriles, los volúmenes críticos de carril son:

$$N_1 = \frac{1,000}{2} = 500 \text{ v/e}$$

$$N_2 = \frac{400}{1} = 400 \text{ v/e}$$

B. - Intervalo de despeje para vehículos:

Empleando la fórmula (1),

$$Y = t + \frac{1}{2} \frac{V}{a} + \frac{W + 1}{V}$$

en donde

$$t = 1.0 \text{ segundos}$$

$$a = 4.6 \text{ metros por segundo}^2$$

$$l = 6.0 \text{ metros}$$

$$V = 40 \text{ km/h} = 11.1 \text{ metros por segundo}$$

W = Ancho de la calle por cruzar a partir de la línea de alto; para Y_1 ,

$$W = 16 \text{ m y para } Y_2, \quad W = 22 \text{ m.}$$

Por lo tanto,

$$Y_1 = 1.0 + \frac{11.1}{2 (4.6)} + \frac{16 + 6}{11.1} = 3.8 \text{ segundos}$$

$$Y_2 = 1.0 + \frac{11.1}{2 (4.6)} + \frac{22 + 6}{11.1} = 4.4 \text{ segundos}$$

C. - Cruce de peatones:

El tiempo requerido para el cruce de peatones determina el tiempo mínimo de la fase rojo para la calle que se está cruzando.

Cruce de la calle principal:

$$R_1 \text{ min.} = 5 + \frac{18}{1.1} = 21.4 \text{ segundos}$$

en donde se supone que se toman 5 segundos para empezar a cruzar, el ancho de la calle por cruzar (calle principal) es de 18 m, y la velocidad de los peatones es de 1.1 m/seg. Por otra parte,

$$R_1 = G_2 + Y_2$$

para un ciclo simple de 2 fases. Por lo tanto,

$$G_2 \text{ min.} = R_1 - Y_2 = 21.4 - 4.4 = 17.0 \text{ segundos}$$

Cruce de la calle secundaria:

$$R_2 \text{ min} = 5 + \frac{12}{1.1} = 15.9 \text{ segundos}$$

$$G_1 \text{ min} = 15.9 - 3.8 = 12.1 \text{ segundos}$$

D. - Longitud aproximada de ciclo:

La fórmula (7),

$$C_{\text{min}} = \frac{Y_1 + Y_2}{1 - (N_1 S_1 + N_2 S_2) / 3600 \text{ (FHMD)}}$$

produce un ciclo para un flujo insaturado durante el período de 15 minutos de flujo mas alto dentro de la hora de máxima demanda. Esta fórmula se basa únicamente en consideraciones vehiculares.

$$\begin{aligned} C_{\text{min}} &= \frac{3.8 + 4.4}{1 - [(500)(2.5) + (400)(2.5)] / (3600)(0.85)} \\ &= 31.0 \text{ segundos} \end{aligned}$$

No obstante, recordándose que para los requerimientos de peatones, la longitud mínima de ciclo es

$$\begin{aligned} C_{\text{min}} &= G_1 \text{ min} + G_2 \text{ min} + Y_1 + Y_2 \\ &= 12.1 + 17.0 + 3.8 + 4.4 \\ &= 37.3 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Este valor obviamente controla.

E. - Reparto de ciclo:

En vista de que el ciclo mínimo se calculó en 37.3 segundos, ¿deberá implantarse un ciclo de 40 segundos? No necesariamente. Considérese que la selección de un ciclo debe lograr dos propósitos. Primero debe tenerse - fases con el tiempo suficiente para satisfacer los requerimientos de los peato- nes, y segundos, debe repartirse el tiempo total de verde a las dos fases en pro- porción a los dos volúmenes N_1 y N_2 (suponiendo $S_1 = S_2$). El siguiente proce- dimiento hace uso de las dos consideraciones mencionadas para determinar una - longitud de ciclo mas deseable así como un reparto mas eficiente.

Ya se ha determinado que el tiempo de verde mínimo basado en los requerimientos de los peatones, para la calle secundaria = 17.0 segundos. - En virtud de que los volúmenes críticos de las calles principal y secundaria son - de 500 vehículos y 400 vehículos, respectivamente, si el tiempo de verde de las - dos fases se reparte proporcionalmente, la calle principal debería recibir

$$G_1 = \text{verde de calle principal} = \frac{500}{400} (17.0) = 21.3 \text{ segundos}$$

y el ciclo total debería ser

$$\begin{aligned} C &= G_1 + G_2 + Y_1 + Y_2 = 21.3 + 17.0 + 3.8 + 4.4 = 46.5 \text{ seg.} \\ &= 50 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Por lo tanto, con esta longitud de ciclo es posible satisfacer tanto el tiempo mí- nimo para los peatones como los requerimientos de tiempo proporcional.

F. - Verificando los tiempos:

Verificando los requerimientos para el período de 15 minutos - de flujo máximo dentro de la hora de máxima demanda:

Cruce de la calle secundaria:

$$R_2 \text{ min} = 5 + \frac{12}{1.1} = 15.9 \text{ segundos}$$

$$G_1 \text{ min} = 15.9 - 3.8 = 12.1 \text{ segundos}$$

D. - Longitud aproximada de ciclo:

La fórmula (7),

$$C_{\text{min}} = \frac{Y_1 + Y_2}{1 - (N_1 S_1 + N_2 S_2) / 3600 \text{ (FHMD)}}$$

produce un ciclo para un flujo insaturado durante el período de 15 minutos de flujo mas alto dentro de la hora de máxima demanda. Esta fórmula se basa únicamente en consideraciones vehiculares.

$$\begin{aligned} C_{\text{min}} &= \frac{3.8 + 4.4}{1 - [(500)(2.5) + (400)(2.5)] / (3600)(0.85)} \\ &= 31.0 \text{ segundos} \end{aligned}$$

No obstante, recordándose que para los requerimientos de peatones, la longitud mínima de ciclo es

$$\begin{aligned} C_{\text{min}} &= G_1 \text{ min} + G_2 \text{ min} + Y_1 + Y_2 \\ &= 12.1 + 17.0 + 3.8 + 4.4 \\ &= 37.3 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Este valor obviamente controla.

E.- Reparto de ciclo:

En vista de que el ciclo mínimo se calculó en 37.3 segundos, ¿deberá implantarse un ciclo de 40 segundos? No necesariamente. Considérese que la selección de un ciclo debe lograr dos propósitos. Primero debe tenerse - fases con el tiempo suficiente para satisfacer los requerimientos de los peato- nes, y segundos, debe repartirse el tiempo total de verde a las dos fases en proporción a los dos volúmenes N_1 y N_2 (suponiendo $S_1 = S_2$). El siguiente proce- dimiento hace uso de las dos consideraciones mencionadas para determinar una - longitud de ciclo mas deseable así como un reparto mas eficiente.

Ya se ha determinado que el tiempo de verde mínimo basado en los requerimientos de los peatones, para la calle secundaria = 17.0 segundos. - En virtud de que los volúmenes críticos de las calles principal y secundaria son - de 500 vehículos y 400 vehículos, respectivamente, si el tiempo de verde de las - dos fases se reparte proporcionalmente, la calle principal debería recibir

$$G_1 = \text{verde de calle principal} = \frac{500}{400} (17.0) = 21.3 \text{ segundos}$$

y el ciclo total debería ser

$$\begin{aligned} C &= G_1 + G_2 + Y_1 + Y_2 = 21.3 + 17.0 + 3.8 + 4.4 = 46.5 \text{ seg.} \\ &= 50 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Por lo tanto, con esta longitud de ciclo es posible satisfacer tanto el tiempo mí- nimo para los peatones como los requerimientos de tiempo proporcional.

F.- Verificando los tiempos:

Verificando los requerimientos para el período de 15 minutos - de flujo máximo dentro de la hora de máxima demanda:

	Tiempo de verde requerido (segundos)			Tiempo de verde disponible (segundos)		
Calle principal	$\frac{500}{4(0.85)}$	(2.5) = 370	\cong	$\frac{900}{50}$	(21.3) = 380	OK
Calle secundaria	$\frac{400}{4(0.85)}$	(2.5) = 290	\cong	$\frac{900}{50}$	(17.0) = 310	OK

Verificando el reparto del ciclo de acuerdo con el tiempo de empiezo - de los vehículos:

Existen 72 ciclos de 50 segundos c/u en una hora, por lo tanto, el número promedio de vehículos por ciclo = vehículos por hora / 72 .

Calle principal: de los 880 vehículos por hora circulando en los dos -- carriles, el 10% son vehículos pesados y el 15% de vuelta izquierda. Se supone que los vehículos pesados están divididos en partes iguales entre los dos carriles y que todas las vueltas izquierda se efectúan del carril central. También se supone que todo el tránsito se divide en partes iguales entre los dos carriles.

Por lo tanto, el carril crítico central tiene 440 vehículos por hora con el 10% de vehículos pesados y el 30% de vueltas izquierda. Adicionalmente, existen (500) - (0.15) = 75 vehículos por hora dando la vuelta izquierda del sentido opuesto. En total, se tiene $440/72 = 6.1$ vehículos por ciclo, de los cuales 0.6 son vehículos pesados y 1.8 son de vuelta izquierda. Existe $\frac{75}{72} = 1.0$ vehículos dando la --- vuelta izquierda del sentido opuesto en cada fase. Empleando los valores deriva-

dos por Greenshields, el tiempo mínimo total de verde requerido se calcula como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo básico para todos los vehículos} &= 2.1 n + 3.7 = (2.1) (6.1) + 3.7 \\ &= 16.5 \text{ segundos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo extra para vehículos pesados (1/2 vehículos adicional)} &= 1/2 (2.1 n) \\ &= 1/2 (2.1) (0.6) = 0.6 \text{ segundos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo extra para vueltas izquierdas (no importando la dirección)} &= 1.3 (1.8+1.0) \\ &= 3.6 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Tiempo total = 20.7 segundos

Se observa que el valor de 20.7 segundos de tiempo verde requerido es menor al valor de 21.3 segundos que fue asignado, por lo tanto, este último se considera aceptable.

Calle secundaria: el requerimiento de tiempo mínimo de verde puede determinarse aplicando el mismo proceso. De los 350 vehículos por hora circulando en los dos carriles, el 10% son vehículos pesados y el 15% de vuelta izquierda. Se tiene $350/72 = 4.9$ vehículos por ciclo, de los cuales 0.5 son vehículos pesados y 0.7 son de vuelta izquierda. Adicionalmente, existen $(240) (0.15)/72 = 0.5$ vehículos dando la vuelta izquierda del sentido opuesto en cada fase. Por lo tanto, el tiempo de verde requerido por ciclo es

$$\begin{aligned} & \left[2.1 (4.9) + 3.7 + 1/2 (2.1) (0.5) \right] + \left[1.3 (0.7 + 0.5) \right] \\ &= 16.1 \text{ segundos} \end{aligned}$$

que es menor al valor de 17.0 segundos que fue asignado. Por lo tanto, esta fase es satisfactoria también.

En resumen, el reparto aceptable es:

$$G_1 = 21.3 \text{ seg.} \quad Y_1 = 3.8 \text{ seg.} \quad R_1 = 24.9 \text{ seg.}$$

$$G_2 = 17.0 \text{ seg.} \quad Y_2 = 4.4 \text{ seg.} \quad R_2 = 28.6 \text{ seg.}$$

No obstante a este reparto aceptable, se tendrá que modificar levemente al implantar los tiempos al control el cual únicamente regula el tiempo al --
1% mas cercano del ciclo.

REGULACION DE LOS SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO

BIBLIOGRAFIA

1. - TRAFFIC ENGINEERING THEORY AND PRACTICE. -
Louis J. Pignataro. - Prentice- Hall, Inc. - Englewood Cliffs, N. Y.
1973.
2. - TRAFFIC ENGINEERING. - Theodore M. Matson, Wilbur S. Smith
y Fredrick W. Hurd. - Mc Graw-Hill Book Company, Inc. -
New York, N. Y. - 1955.
3. - AUTOMATIC TRAFFIC SIGNAL CONTROL SYSTEMS. -
Louis M. Rodgers y Leo G. Sands. - Chilton Book Company. -
Philadelphia, Pa. - 1969.
4. - TRAFFIC ENGINEERING HANDBOOK. - Institute of Traffic Engineers. -
Washington, D. C. - 1965.

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
Comisión de Ingeniería de Tránsito

INSTRUCTIVO PARA EL ESTADO DE RAYAS CONTINUAS EN TRAMOS DE REBASE PROHIBIDO DE CURVAS HORIZONTALES Y VERTICALES, EN CARRETERAS DE DOS CARRILES

GENERALIDADES

De acuerdo con las nuevas especificaciones (1), en los tramos de rebase prohibido en curvas horizontales y verticales, ya no se pintará únicamente la raya central. Ahora será necesario pintar la raya central discontinua a todo lo largo de la curva y, además, rayas continuas a uno y otro lado de la central. Estas últimas, de acuerdo con la distancia de visibilidad de rebase,

El color de las rayas será blanco y la anchura de cada una de 10 cm. La raya continua y la discontinua irán separadas 10 cm. entre sí. La raya central discontinua deberá pintarse al centro de la calzada.

La distancia mínima de visibilidad de rebase sobre una curva vertical, es aquella a la cual puede ser visto un objeto que se encuentra a 1.37 m sobre la superficie del pavimento desde otro punto a 1.14 m sobre la misma superficie (2).

Un tramo de rebase prohibido, en una curva horizontal ó vertical, se justifica donde la distancia de visibilidad sea mayor que el mínimo necesario indicado para rebasar con seguridad de acuerdo con la velocidad prevaleciente del tránsito en ese lugar.

La distancia de visibilidad de rebase equivalente para una

(1) Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.- Secretaría de Obras Públicas - 1970.- Segunda Edición, - págs. 142, 143 y 144.

(2) En la práctica, para efectos de medición de los tramos de rebase prohibido en curvas verticales, se consideran alturas de 1.20 m en ambos extremos.

curva horizontal, es aquella que se mide entre dos puntos situados a 1.80 m de la orilla interior de la calzada (3) y que se encuentran a 1.14 m y 1.37 m de altura en línea tangencial a la obstrucción que limita la visibilidad.

En una curva se justificará una zona de rebase prohibido y deberá así ser demarcada, donde la distancia de visibilidad sea igual o menor que la obtenida mediante la gráfica de la figura 1.

METODO PARA MARCAR LAS RAYAS.

Raya Central Discontinua

En primer término se ejecutará el premarcado del eje de la carretera, que servirá de guía para pintar la raya central discontinua a lo largo de la carretera. La raya deberá estar constituida por segmentos pintados de 5 m de longitud y segmentos sin pintar de 10 m de longitud.

Para las carreteras de dos carriles que tengan pintada la raya central únicamente se despintarán los tramos de raya central continua, de tal manera que quede discontinua, con 5 metros pintados y 10 metros sin pintar.

Rayas Centrales Continuas

Una vez que se tenga pintada la raya central discontinua a lo largo de la carretera, se procederá a marcar las continuas en los tramos de rebase prohibido, en curvas verticales y horizontales. Los límites de las rayas continuas se fijarán de acuerdo con el método indicado a continuación.

A.- PERSONAL Y EQUIPO NECESARIO:

- dos observadores
- dos bandereros
- dos transmisores-receptores portátiles o silbatos

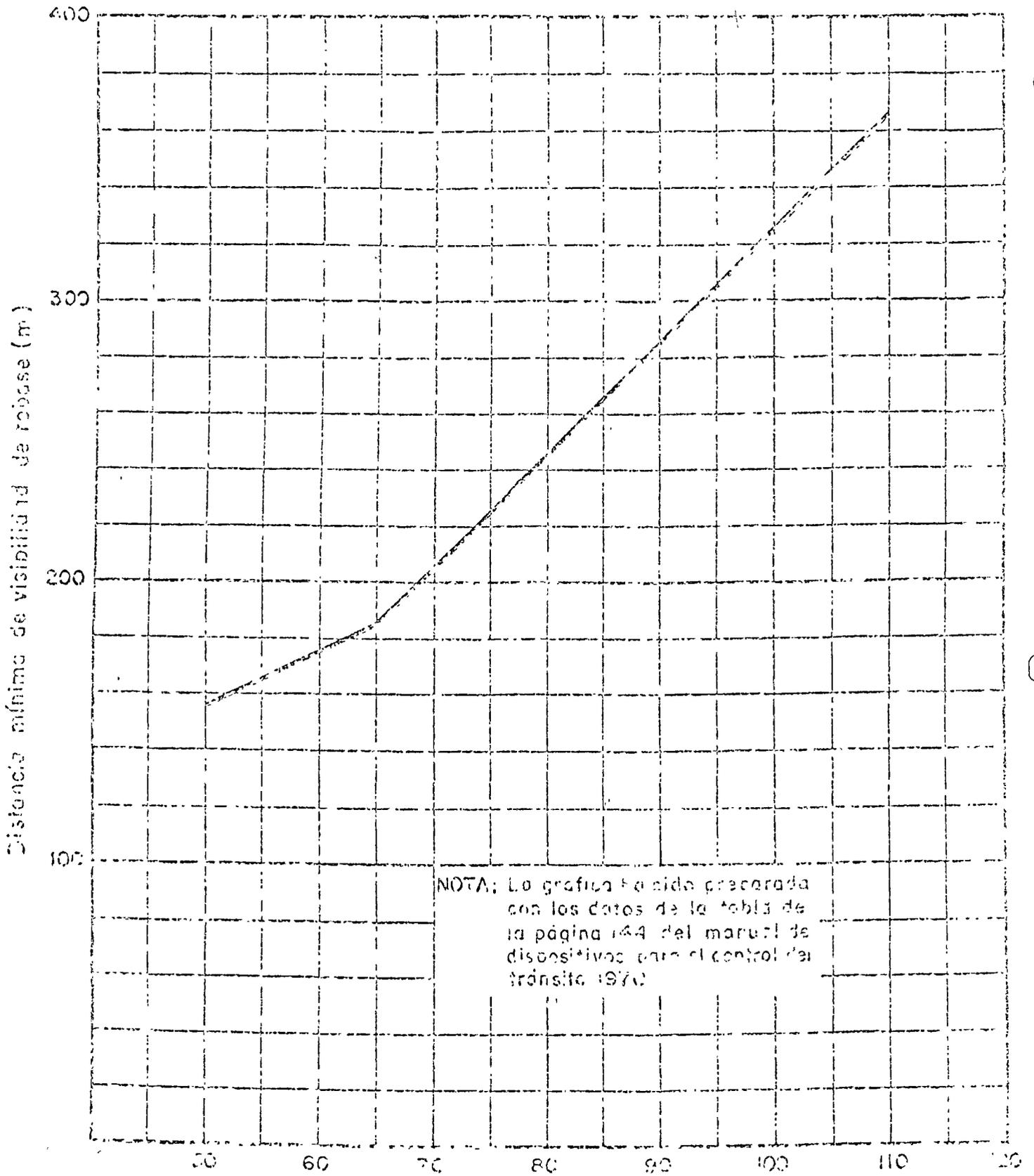
(3) En la práctica para efectos de medición de los tramos de rebase prohibido en curvas horizontales se considera que estos puntos, están situados en la orilla interior de la calzada y con alturas iguales a la altura de ojo de los observadores que efectú a la medición.

- dispositivos para protección en obras
- un longímetro de 20.00 m.
- dos miras de madera de 1.20 m de altura
- gises o crayones blancos.

B.- PROCEDIMIENTO EN CURVAS HORIZONTALES:

- 1.- Determinese la distancia mínima de visibilidad de rebase correspondiente al 85 por ciento de la velocidad de punto (4) de la gráfica de la figura No. 1.
- 2.- Mídanse cuerdas de 20.00 m sobre la orilla interior de la calzada (ver figura 2). En algunos casos de acuerdo con la posición del obstáculo, será necesario prolongar a criterio, la medición de estas cuerdas, cierta distancia antes o después de la curva.
- 3.- Los observadores 1 y 2 se colocarán en la orilla interior de la calzada, separados a una distancia igual a la distancia de visibilidad de rebase redondeada a los 20.00 m (Fig. 2).
- 4.- El observador 1 hará una señal al observador 2 por medio del transmisor o silbato y ambos recorrerán simultáneamente una distancia de 20.00 m, correspondiente a una cuerda (con el fin de conservar la distancia de visibilidad de rebase entre ellos); Esta misma operación se repite hasta que el observador 1 pierda de vista al observador 2, al interponerse el obstáculo entre ambos. En ese momento el observador 1 hará una señal al observador 2 y ambos marcarán los puntos a y b' (Fig. 3) los cuales indicarán el inicio de la zona de rebase prohibido para los vehículos que circulan en el sentido a-b y el final de la zona de rebase

(4) El cálculo del 85 por ciento de velocidad de punto, se hará de acuerdo con lo indicado en el "Manual de Clasificación de Velocidades en Carreteras y Zonas de Obras", Comisión de Ingeniería de Carreteras, S. de C. de México.



NOTA: La grafica ha sido preparada con los datos de la tabla de la página 144 del manual de dispositivos para el control del tránsito 1970.

En Porcentaje de la velocidad de punto (km/h)

Distancia mínima de visibilidad de rebase

Figura

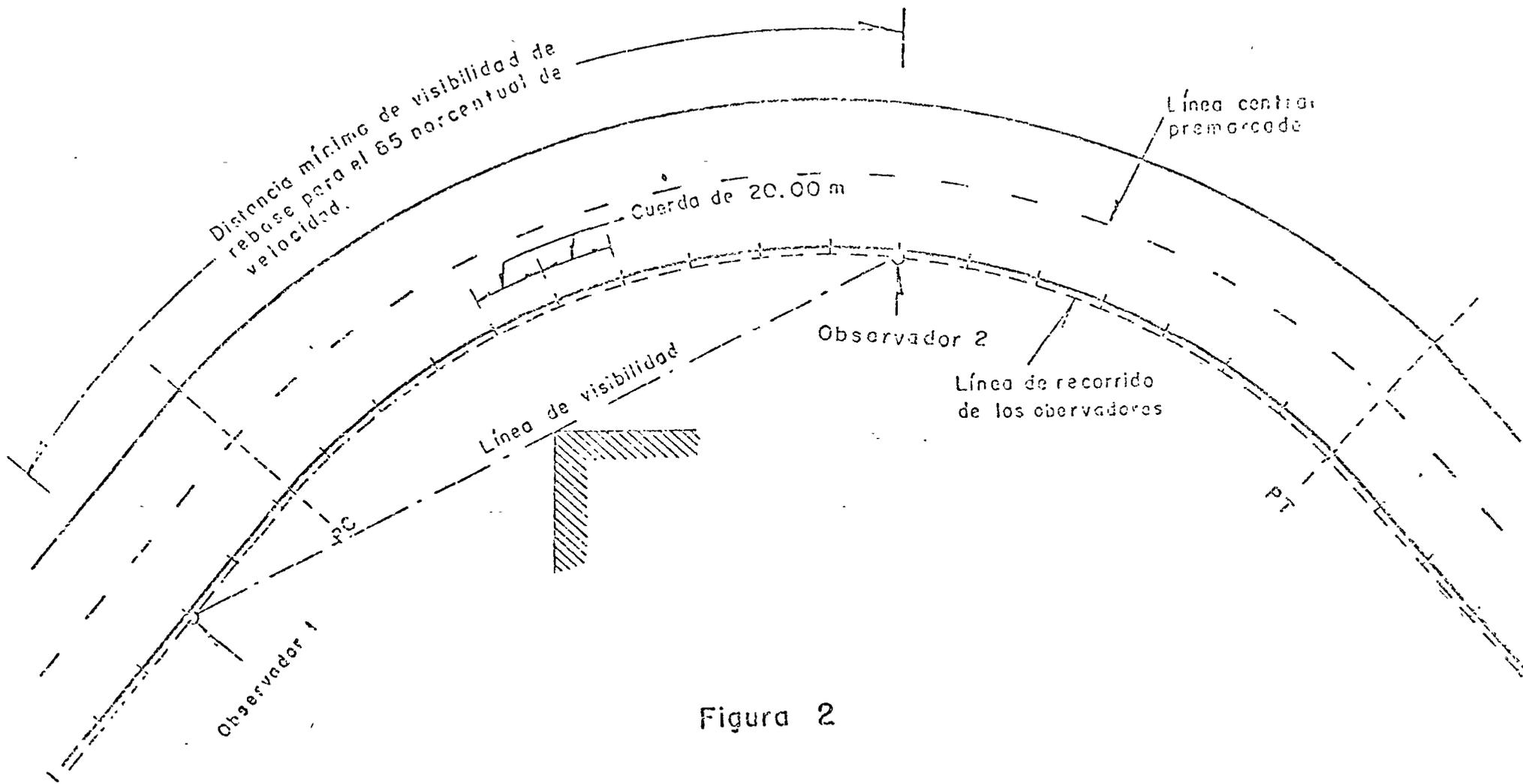


Figura 2

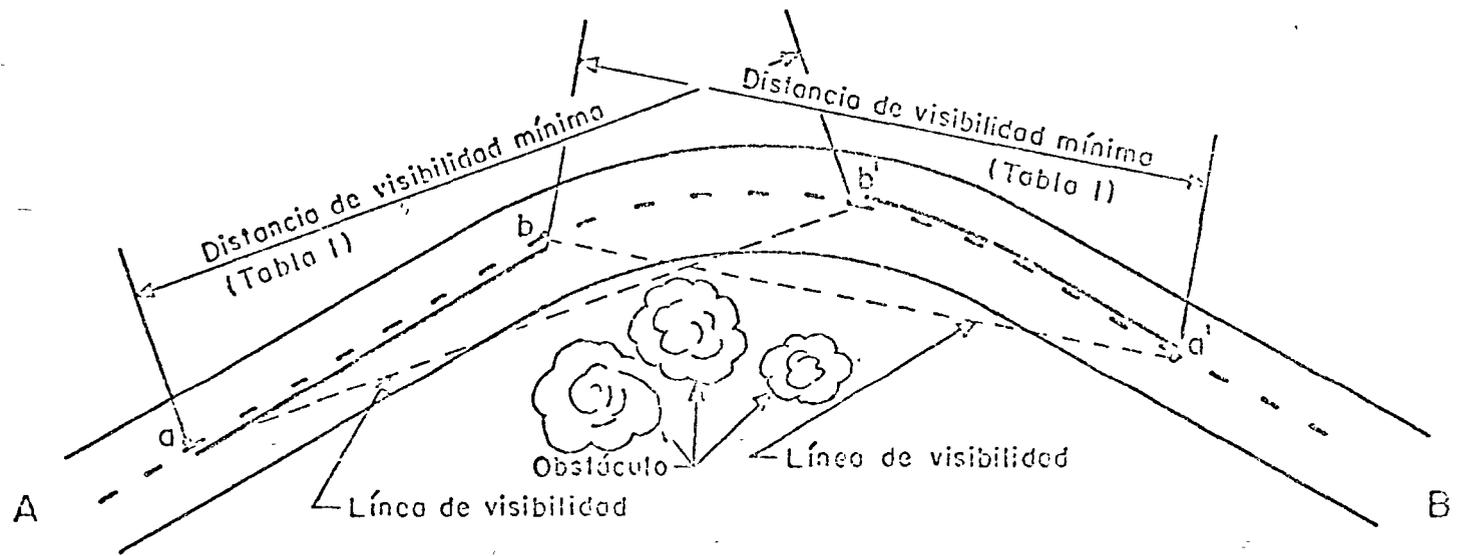
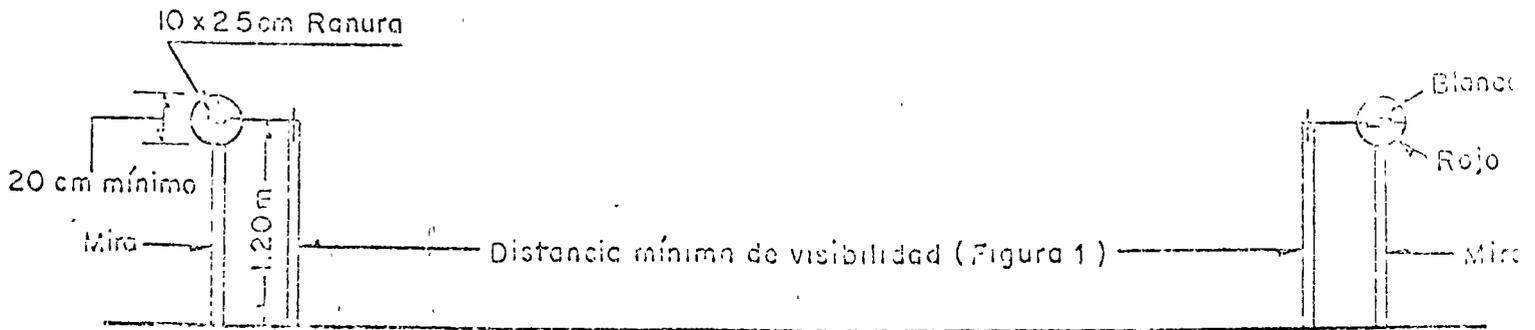
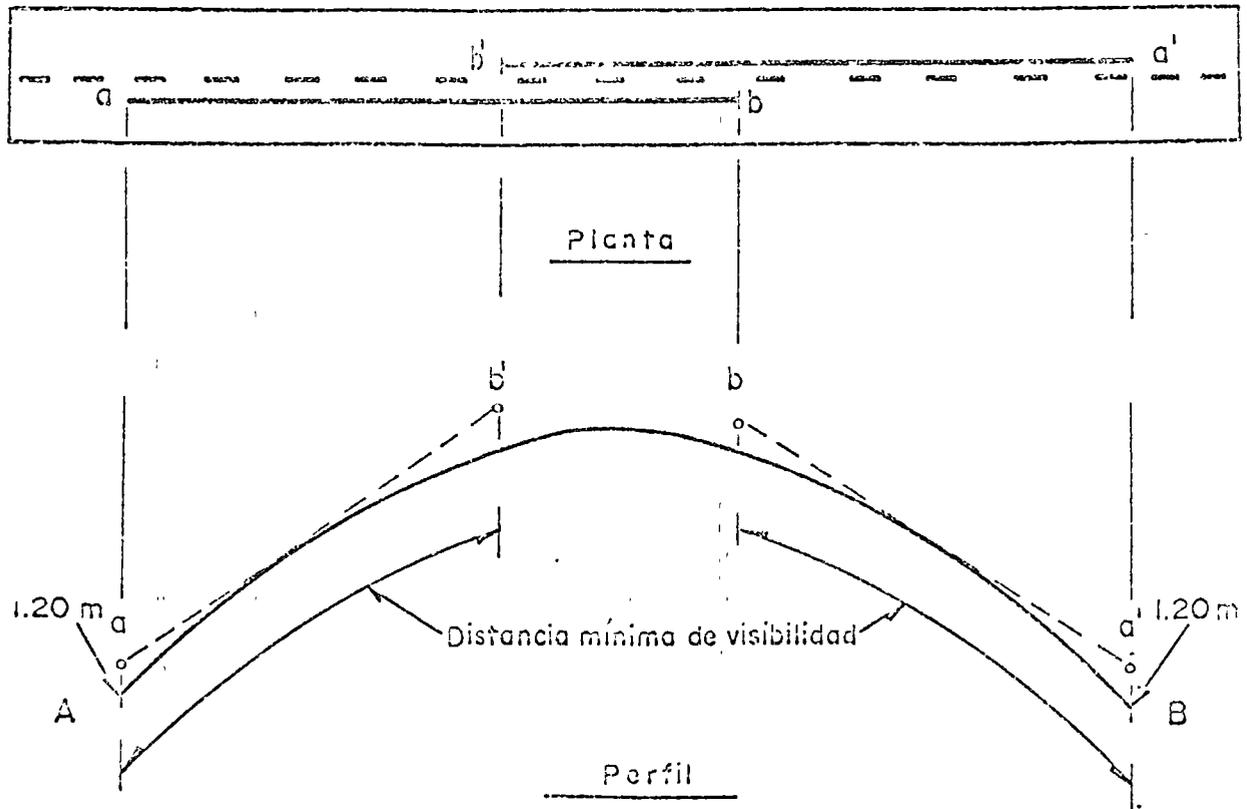


Diagrama ilustrando el procedimiento empleado para ubicar los límites de los tramos de rebase prohibido en curvas horizontales.

Figura 3

Diagrama ilustrando el procedimiento empleado para ubicar los límites de los tramos de rebase prohibido en curvas verticales.



La localización del inicio de la zona de rebase prohibido (a, a') y el final (b, b'), se lleva a cabo con la ayuda de dos miras, tal como se ilustra en la figura.

Figura 4

prohibido para los vehículos que circulan en sentido contrario.

- 5.- En forma similar a como se indica en el punto anterior, los observadores seguirán desplazándose hasta que el observador 2 se haga visible al observador 1. En ese momento el observador 1 hará una señal al observador 2 y ambos marcarán los puntos b y a' (Fig. 3), los cuales indicarán el final e inicio de las zonas de rebase prohibido para los vehículos que circulan en los sentidos A-B y B-A, respectivamente.

C.- PROCEDIMIENTO EN CURVAS VERTICALES:

En el caso de curvas verticales el procedimiento es semejante al descrito anteriormente.

- 1.- Determinése la distancia mínima de visibilidad de rebase correspondiente al 85 por ciento de la velocidad de punto, de la gráfica de la figura No. 1.
- 2.- Mídase cuerdas de 20.00 m sobre una cualquiera de las orillas de la calzada, prolongando esta medición a un lado y otro de la cresta de la curva en una distancia igual a la distancia de visibilidad de rebase determinada según el inciso 1.
- 3.- Los observadores 1 y 2 se colocarán en la orilla de la calzada, separados a una distancia igual a la distancia de visibilidad de rebase redondeada a los 20.00 m.
- 4.- El observador 1 hará una señal al observador 2 por medio del transmisor o silbato y ambos recorrerán simultáneamente una distancia de 20.00 m, correspondiente a una cuerda, y verificarán por medio de las miras si todavía existe la distancia de visibilidad de rebase entre ellos. Esta misma operación se repite hasta que se pierda de vista la mira del

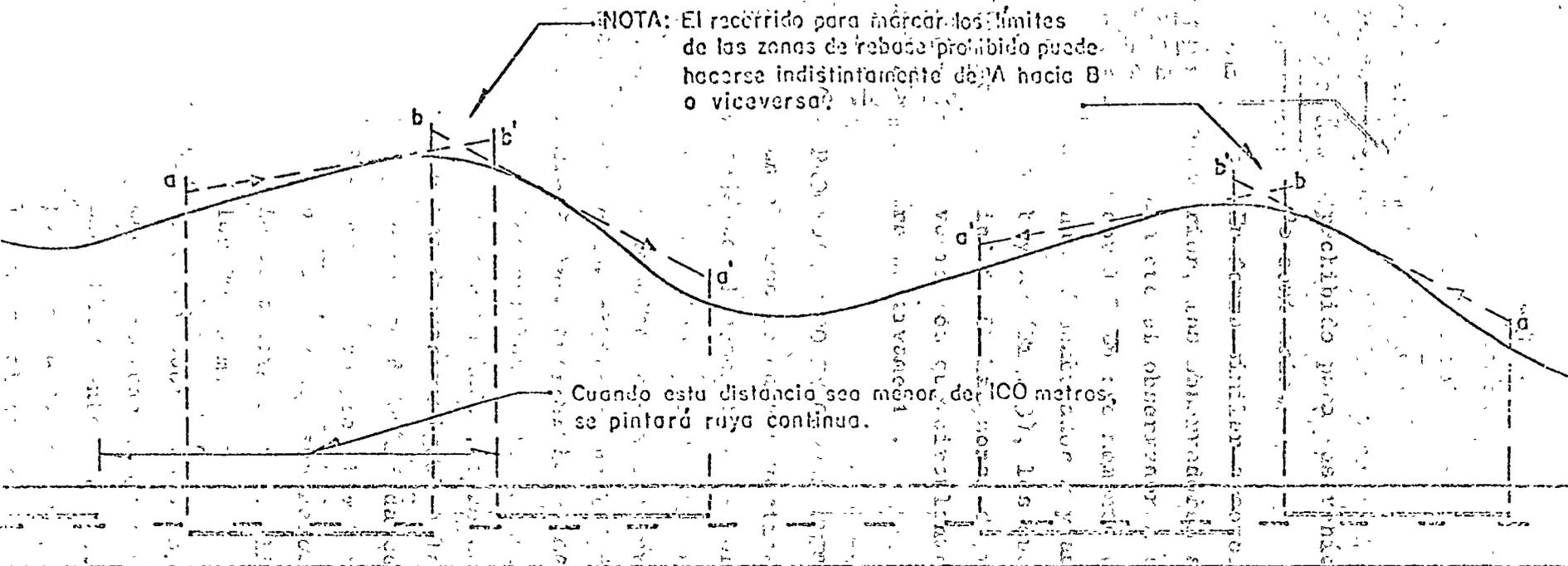


Diagrama ilustrando la aplicación de la raya continua en los tramos de rebase prohibido para curvas verticales sucesivas en carreteras de dos carriles

Figura 5

observador 2. En ese momento el observador 1 hará una señal al observador 2 y ambos marcarán los puntos a y b' (Figs. 4 y 5), los cuales indicarán el inicio de la zona de rebase prohibido para los vehículos que circulan en el sentido A-B y el final de la zona de rebase prohibido para los vehículos que circulan en sentido contrario.

- 5.- En forma similar a como se indica en el punto anterior, los observadores seguirán desplazándose hasta que la mira que lleva el observador 2 se haga visible al observador 1. En ese momento, el observador 1 hará una señal al observador 2 y ambos marcarán los puntos b y a' (Figs. 4 y 5), los cuales indicarán el final e inicio de las zonas de rebase prohibido para los sentidos de circulación A-B y B-A, respectivamente.

NOTA FINAL:

Para orientar a los usuarios se recomienda que, al principio de un tramo en el que se pinten las rayas continuas con este nuevo método, se instale una señal informativa SI-42, tamaño 90 x 187 cm con el siguiente texto:

NO REBASE CON RAYA CONTINUA EN SU CARRIL	NO REBASE CON RAYA CONTINUA EN SU CARRIL
--	--

México, D.F., septiembre de 1970.

Las marcas en el pavimento, junto con las señales, los semáforos, las isletas y otros elementos de canalización y protección al tránsito, son los dispositivos empleados para el control de la circulación de los vehículos en las carreteras y calzadas y forman parte integrante de la función de estas últimas.

Son de gran valor pero es de suma importancia que se empleen adecuadamente en relación con el trazo del camino del que forman parte; porque hay cierta tendencia a emplear los dispositivos de control como un "curalotodo", en el caso de imperfecciones en el diseño de la vía. En la realidad, la verdadera función del trazo es la de transportar los vehículos con rapidez y seguridad sin necesidad de "muletas". Y las señales, en muchos casos, pretenden usarse como muletas para remediar los defectos de un proyecto deficiente:

Todos los dispositivos de control son de gran mérito en ciertas condiciones. Fundamentalmente, su función es la de impedir al usuario tomar decisiones que por inhabilidad o error pueden conducirle a un accidente. Por ejemplo, las señales restrictivas de ALTO, así como las preventivas de CURVA, impiden al conductor emplear su propio criterio en situaciones que desconoce o que encuentra por primera vez, para evitarle contratiempos; el empleo de estas señales tiende a eliminar tales contratiempos, facilitando al usuario su trayecto con mayor seguridad. Sin embargo, si la señal adolece del defecto de una instalación inadecuada causará al conductor confusiones y hasta riesgos; también llegará a entorpecer la fluidez de la circulación o a causar nuevos problemas.

Aun cuando la condición ideal de una arteria por lo inmejorable de su trazo, es la de no requerir señales para anunciar tal o cual condición inherente a su diseño, son muy frecuentes las situaciones en que la instalación de dispositivos de control de la circulación proveen una solución más económica, que la modificación de las carreteras para mejorar su trazo.

Podemos decir que el trazo de la mayoría de nuestras carreteras (a excepción de las autopistas recientemente construidas), requiere indiscutiblemente el empleo de dispositivos de control de circulación en mayor número y condiciones que las autopistas; y aun cuando se llegue, como se está tratando continuamente de llegar, a mejorar su trazo, siempre será necesario por razones de economía, emplear tales dispositivos de control, reajustando su diseño al mejoramiento que se haga a la propia carretera.

FRICCIONES EN EL PAVIMENTO.- Sobre la carpeta de una carretera ocurren cuatro conflictos potenciales que son la causa básica de los peligros y problemas de la circulación: la primera es la

FRICCION CENTRAL provocada accidentalmente entre los vehículos que transitan en direcciones opuestas, resultantes en choques de frente, rozones y alcances; estos últimos debido a la remetida al cordón, del usuario que pretendía rebasar, al percatarse de la inminencia de una colisión de frente.

LA FRICCION MARGINAL ocurre a lo largo del cordón de vehículos circulantes y se provoca por rozones o choques con otros vehículos estacionados, por ve-

hículos salientes de caminos que entroncan con la carretera o por otros vehículos que pretendem rebasar o incorporarse al cordón circulatorio.

FRICCIONES POR CRUZAMIENTOS, es la provocada por vehículos cuyas trayectorias se cruzan, con el resultado típico de los accidentes en cruzamientos de caminos o con otra vía, como la de un ferrocarril. Finalmente la

FRICCION INTERNA DEL CORDON CIRCULATORIO que ocurre entre vehículos que transitan en la misma dirección y sentido a distintas velocidades, provocando accidentes por la impaciencia de quienes pretenden rebasar, causando rozones o alcances y teniendo, en la mejor de las suertes, que volver a cobrar su lugar en la línea -- que se mueve más lentamente.

Pero estos no son todos los riesgos que acechan en una carretera a los usuarios, no: todavía tienen que mencionarse los de las curvas ciegas, verticales u horizontales. Por eso, ninguna estación de servicio, restaurante u otro negocio que invite al usuario a detenerse, debe permitirse marginalmente en un punto de curva vertical u horizontal o a menor distancia de visibilidad que la del 80% en metros, del ritmo de velocidad de la circulación en el tramo. En este sentido hay muchas otras consideraciones que hacer pero, no es esa la materia que nos ocupa, por lo que volvamos a la de las fricciones en la circulación y sus remedios.

Todas las fricciones son susceptibles de remedio mediante el tratamiento adecuado de la ingeniería de tránsito. La resolución de cada problema estriba en aplicar al que reclama la condición específica, dentro de los lineamientos económicos que nos fija el presupuesto. Los remedios más comunes son:

En primer término, definir las trayectorias, carriles o cordones que deben seguir los vehículos. Esto se basa en estudios de tránsito, de accidentes, sus estadísticas y análisis; por planeación y razonamiento adecuado. En seguida: determinar las señales marginales o marcas en el pavimento que llenen las exigencias del plan concebido. Después enfatizar los señalamientos antes dichos, mediante grapas u otro aditamentos sobre el pavimento de la carpeta en los sitios en que normalmente (o aún legalmente) no deban circular los vehículos o requieren hacerlo con lentitud. Esto también se logra mediante los bordos o zumbadores que causen ciertos impedimtos a los usuarios al atravesarlos. Si además de esto se agregan: isletas, guarniciones, camellones y barreras divisoras de carriles; separación de carriles en curvas verticales y su ampliación por camellones centrales, se habrá logrado reducir a un costo mínimo, prácticamente el ciento por ciento de las fricciones.

Hemos dicho anteriormente que sólo el trazo perfecto de una carretera puede eliminar con éxito los errores de la naturaleza humana y que los mejores resultados obtenibles (si se adopta esta premisa) son cuando se reduce o se hace menos crítica la decisión del conductor o se instalan los dispositivos que minimisen los efectos de su juicio defectuoso. Ahora veamos la forma de llegar a esta posibilidad.

En una carretera cuya carpeta es de 6.00 ó 7.50 mts. de anchura, la decisión de un conductor de pasar de un carril al otro es altamente crítica. Si la distancia de visibilidad es ilimitada, no hay problema; es en curvas horizontales y verticales donde reside el peligro. Pero si la carretera es de cuatro carriles el riesgo es me

no, puesto que no se preocupa ya de la circulación en sentido contrario. Pero no nos es posible, a esta altura de nuestra economía construir todas las carreteras con cuatro carriles, para movilizar el creciente tránsito de manera fluida y segura. Por eso tenemos que recurrir al empleo de dispositivos auxiliares del tránsito o como parte integral del diseño, para garantizar, hasta donde sea posible esa fluidez y seguridad. Y aquí es donde el ingenio del ingeniero especializado en carreteras se ve acosado por la magnitud de la tarea.

Todas las mejoras que se planean para el tránsito por carreteras son interdependientes. Algunas, por buenas que sean, no funcionan si hay ausencia de otras auxiliares; inclusive, buenos diseños de la sección no motivan la reacción anticipada del usuario y aun le son riesgosos si no se acompañan de otras providencias. Como ejemplo mencionaré que la señal de peligro de cruzamiento de carretera por ferrocarril no es atendida por el usuario a menos que se pinten rayas sobre el pavimento que le indiquen precisamente en qué lugar debe detenerse. Otras señales perfectamente conocidas y obedecidas durante las horas del día son ignoradas por completo durante las de la noche, a menos que se reflectoricen.

Nuestra experiencia de más de cuarenta años en la conservación de carreteras ha culminado, con esta actividad, con la elaboración de un Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito, que constituye un paso importante en el progreso para obtener la simplificación y máxima efectividad de las señales que se instalan tanto en zonas rurales como en las urbanas que atraviesan las carreteras. Entre las señales pintadas sobre pavimentos, considero que interesará a ustedes conocer una

breve descripción y la técnica de su función.

Las marcas en el pavimento consisten en rayas, símbolos, palabras u objetos, con excepción de las señales, aplicadas o adheridas al pavimento, guarnición u otra parte de las estructuras de dichas vías, para proporcionar advertencias o informaciones a los usuarios de éstas.

En algunos casos se usan las marcas para complementar los mensajes de señalamiento y en otras ocasiones desempeñan ellas solas una función en la que obtienen resultados que no se pueden lograr usando otros dispositivos. Sin embargo, no deben emplearse para transmitir por sí solas indicaciones de reglamentación (excepción de la raya central continua).

Las marcas sobre el pavimento ejercen ciertas funciones definidas para regular el tránsito de vehículos y peatones. En algunos casos sirve para encauzar adecuadamente el tránsito. En otros, hacen las veces de barreras psicológicas entre los usuarios que transitan en sentidos opuestos.

Aplicadas a peatones, orientan y restringen sus movimientos a fin de que crucen las calles por los lugares menos peligrosos y realmente puedan constituir una prolongación de la acera a través del pavimento.

Las marcas en el pavimento tienen limitaciones, como es el caso de las zonas donde pueden ser cubiertas por nevadas: no se ven bien cuando están mojas, los vehículos las tapan y se desgastan rápidamente cuando están sometidas a la circulación de un tránsito intenso. Además, no pueden aplicarse a carreteras y calles sin pavimentar. No obstante esto, ofrecen la gran ventaja de que transmiten el

mensaje preventivo o informativo al conductor, sin distraer su atención de la superficie de rodamiento.

El origen de las rayas en las carreteras se remontan al año de 1911, cuando en el Condado de Wayne, Michigan (E.U. de N.A.) el Sr. Edward Hines, Vocal de la Comisión de Carreteras del Condado, fue testigo ocular de una colisión a mitad de un puente angosto, entre un vehículo tirado por un caballo y un auto transi-
cristando en dirección opuesta, en la cual, ambos conductores estaban persuadidos de que
manejaban por la parte de la carretera que les correspondía. Este incidente motivó --
que el Sr. Hines, pensara en que había que hacer algo en la superficie de rodamiento
de las carreteras, para precisarles a los conductores cuál era el carril de circulación --
que les correspondía; consecuentemente ordenó que se pintara una línea al centro en --
las curvas y en las calzadas de los puentes. En esta forma fue como se inició por pri-
mera vez en la historia de las carreteras, el empleo de las marcas sobre el pavimento
como parte del señalamiento de las mismas. Desde entonces, esta línea central y sus
descendientes, las otras marcas que se pintan sobre el pavimento, han sido instrumen-
tos incuestionablemente útiles para salvar numerosas vidas. También han resultado me-
dios de los más efectivos para controlar la circulación.

Las primeras rayas centrales se pintaron con la ayuda de una regla de --
cacerro y una brocha. Más tarde se inventó una especie de trineo remolcado por un trac-
tor, sobre el que un operador esparcía pintura a presión por medio de un compresor de
aire, a través de una abertura de 10 cm., en un patín forrado de fieltro. El espesor
de la capa de pintura y el trazado de la línea estaban en función de la habilidad del

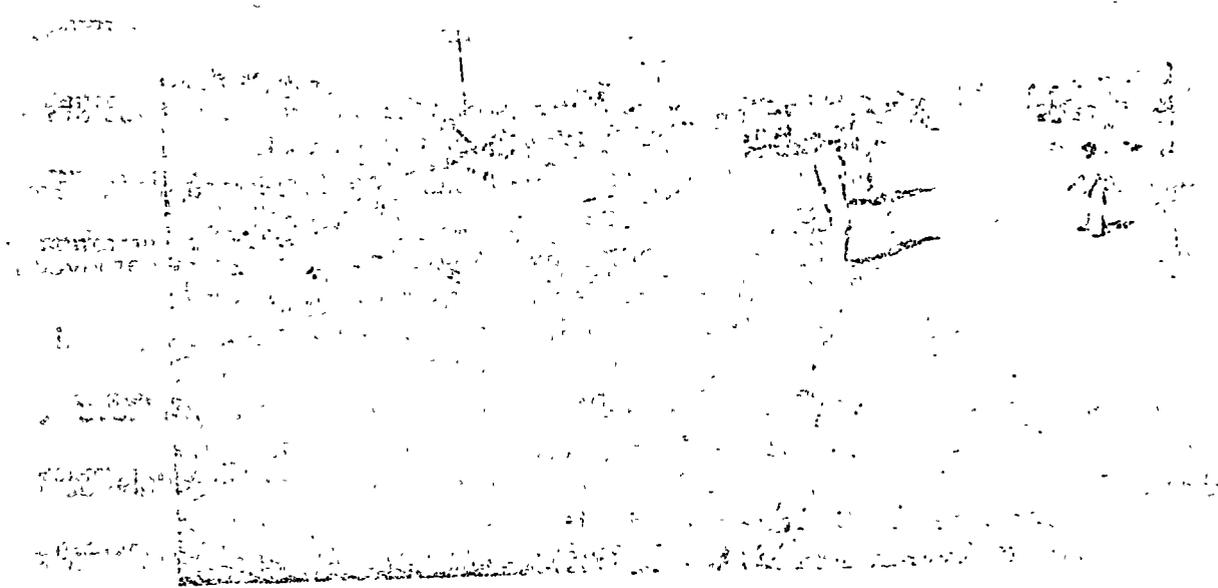
07

pintor y del conductor del camión para mantener una trayectoria lo más apegada al centro de la carretera. Este trineo fue la primera de las invenciones que se siguieron, casi todas ellas de aparatos tirados por camiones que dejaban pintada la línea -- conforme avanzaban.

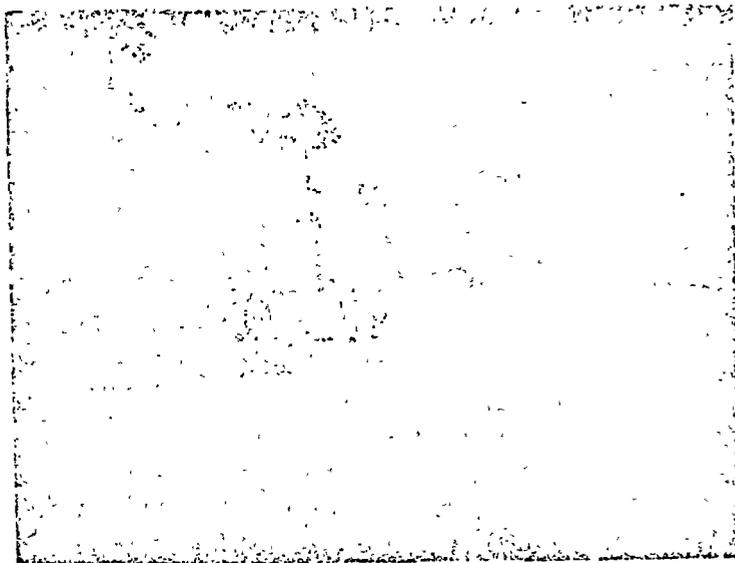
Entre estas invenciones las ha habido de una rueda cubierta de fieltro, a la que se impregnaba mediante presión, la pintura que al girar la rueda quedaba -- estampada sobre la carpeta de manera bastante clara; este invento parece ser el más efectivo en los principios del perfeccionamiento de dicho trabajo.

En 1927 ya se contaba con aparatos especialmente diseñados para pintar la raya central, aunque con lentitud. Pero fue hasta 1931 cuando se desarrolló -- una nueva técnica, empleando un patín de acero con una abertura de 10 cms., que -- resbalaba sobre la carpeta; la pintura se aplicaba a través de la abertura mediante -- presión automática de aire. Este aparato pintaba la raya a razón de 20 litros, por cada kilómetro y a la velocidad de 10 Kms. por hora. Con esa misma máquina podía -- aplicarse raya central sencilla o doble.

En la República Mexicana, parece ser que la primera raya central se pintó en el año de 1936, en la carretera de México a Nuevo Laredo, entre Zimapán -- y Jacala; posteriormente en los años de 1937 y 1938 se demarcó también entre este -- último lugar y Tamazunchale, utilizando pintura blanca, anaranjada y en algunos casos amarilla, porque se pensaba que estos últimos colores serían visibles con neblina. Seguramente, por el poco tránsito de esa época o por la buena calidad de la pintura, su duración fue de más de dos años.



Aspecto de los trabajos de señalamiento del Tramo
Villa Unión - Mazatlán, en la Costera del Pacífico.
La vista corresponde al Km 1185 + 000.



Carretera C. Colón - Tramo S. Cristóbal
Comitán, Chis.
Pintando raya central

En 1939 se aplicó raya central reflejante en un tramo de la citada carretera, entre Zimapán y Tamazunchale, utilizando microesferas de vidrio, que dio magníficos resultados ya que algunos años después perduraba visible dicha raya. También en ese mismo año se pintó la raya central en la carretera de México-Cuernavaca.

En 1941 en la entonces División de Conservación Monterrey, se hicieron experiencias en los tramos Ciudad Victoria-Monterrey y Monterrey-Nuevo Laredo con una raya realzada, hecha con mezcla asfáltica y cuyo espesor variaba de 1 a 1.5 cms., pintándose después la superficie de la misma con pintura blanca. Este procedimiento tenía la ventaja que cuando desaparecía la pintura, era fácil repintar la raya: no tuvo éxito por el costo que representaba lo laborioso de su colocación y sobre todo porque al cruzarla los vehículos, causaba a los conductores descontrol.

En 1942 se empezaron a demarcar en varias carreteras rayas centrales, construidas con emulsiones asfálticas de fraguado rápido y arena de mármol que tenía las características de un material pétreo 3-B.

Este procedimiento se ha venido usando desde ese año en determinadas zonas del País y a la fecha se utiliza ya muy poco, por no ser práctico.

Actualmente, para la aplicación de las marcas en el pavimento, se dispone en México de los más modernos equipos mecánicos: siendo la pintura, sencilla o con microesferas, el material que más se emplea para tal fin.

CLASIFICACION DE LAS MARCAS.

El Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito, elaborado y

aprobado con la participación de las Secretarías de Obras Públicas y de Comunicaciones y Transportes, por los Departamentos del Distrito Federal y de Turismo, por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos y por la Asociación Mexicana de Directores de Tránsito, A.C., clasifica las marcas de la siguiente manera:

- A) Marcas en el pavimento.
- B) Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamiento.
- C) Marcas en obstáculos dentro de la superficie de rodamiento o adyacentes a ella.
- D) Indicadores.

Las marcas en el pavimento las divide en :

- 1.- Rayas centrales.
- 2.- Rayas separadoras de carriles.
- 3.- Rayas en las orillas de la carpeta.
- 4.- Rayas canalizadoras.
- 5.- Rayas de parada.
- 6.- Rayas para cruce de peatones.
- 7.- Rayas de aproximación a obstáculos.
- 8.- Marcas para cruce de F.C.
- 9.- Marcas para estacionamiento.
- 10.- Marcas para regular el uso de carriles y los indicadores en:
 - 1.- Indicadores de peligro.
 - 2.- Indicadores de alineamiento.

Materiales que se pueden emplear:

- 1.- Pintura simple.
- 2.- Pintura reflejante.
- 3.- Inserciones metálicas o de otros materiales.
- 4.- Franjas permanentes enterradas, de concreto blanco o coloreado.
- 5.- Cristales o dispositivos reflejantes.
- 6.- Tachuelas, bandas de materiales plásticos o de concreto.
- 7.- Termoplásticos.

Pintura de Tránsito

De estos materiales, el que más se usa es la pintura de tránsito y es por eso que se considera el más importante, representando ella sola en el costo de las marcas en el pavimento alrededor del 60%; debido a esto debe reunir ciertas características que la hagan duradera y que soporte satisfactoriamente la acción del tránsito y del intemperismo.

Propiedades de la pintura de tránsito.

Estabilidad.- La pintura debe ser homogénea y estar perfectamente mezclada teniendo una consistencia uniforme y suave, no debiendo formar nata ni sedimento, así como tampoco empastarse, oscurecerse, espesarse, coagularse o congelarse en el recipiente. Debe ser capaz de mezclarse sin dificultad con el uso de una espátula.

Materias extrañas.- Debe estar libre de polvo u otras materias extra-

15

ñas y no contener más del 1% de agua.

Capacidad de aplicación.- Se debe poder aplicar con pistola de aire, fluyendo uniformemente y produciendo una película sólida en todo el ancho, de acuerdo con el grueso requerido, 0.015 milésimos de pulgada para carreteras y calzadas y 0.012 para aeropuertos.

Tiempo de secado.- Después de su aplicación debe secar suficientemente en 45 minutos como máximo y no sufrir decoloración al término de este tiempo.

Viscosidad.- Debe tener una consistencia determinada, según el Viscosímetro Stormer y expresada en unidades Krebs a una temperatura de 21 grados centígrados, de 70 a 90.

Su aplicación deberá hacerse sin rebajar la pintura y a una temperatura superior a 18 grados.

Color.- La pintura tendrá el color blanco estandar según percepción visual.- (Método desarrollado en los laboratorios S.O.P.) No deberá contener ninguna materia colorante orgánica ni decolorarse con la luz solar.

Resecamiento.- Deberá ser de no menos de 6. Todo resecamiento trae como consecuencia un agrietamiento de la película de pintura, que terminaría en descarnamiento o desconchamiento de ésta, según que se levanten trozos menores o mayores de 6 milímetros. El resecamiento se debe a la falta de adhesión, causada generalmente por la intervención de factores que producen tensiones internas.

En la Secretaría de Obras Públicas se han fijado las siguientes pruebas de laboratorio para determinar la calidad de las pinturas de tránsito, asignándoles

la siguiente puntuación:

a) Tiempo de secado.-----	15	puntos
b) Adherencia.-----	15	"
c) Elasticidad o flexibilidad.-----	15	"
d) Cambios bruscos de temperatura.-----	10	"
e) Resistencia a la gasolina.-----	10	"
f) Resistencia al agua marina.-----	10	"
g) Resistencia a la solución alcalina.-----	10	"
h) Resistencia a la solución ácida.-----	10	"
i) Resistencia a la abrasión.-----	20	"
j) Resistencia al intemperismo acelerado.-----	20	"
Suma :	<u>135</u>	puntos

Para que la pintura sea aprobada al someterse a los ensayos anteriores, deberá tener como mínimo 95 puntos, sin haber tenido menos del 70% de calificación en cada uno de los conceptos enumerados anteriormente.

Pintura reflejante.

Podrá ser:

- A) Premezclado, en la cual las microesferas de vidrio han sido mezcladas a la pintura de tránsito durante el proceso de fabricación.
- B) Mediante el "bombardeo" de microesferas de vidrio en la pintura de tránsito fresca. Al tiempo de ir pintando la raya en el pavimento se aplican las microesferas con el mismo equipo que para la pintura.

nas y no C) ni tipo combinada, en éste se combinan las características de las dos anteriores.

Este tipo de rayas tiene microesferas mezcladas con la pintura, pero también requiere que se le apliquen al momento de pintarla rayada en todo el ancho de la vía.

El procedimiento más usado por ser el económico y práctico para obtener la raya reflejante es el segundo, que consiste en aplicar las microesferas junto con la pintura.

Al momento de pintar la raya, por cada litro de pintura que se emplee se deben poner 700 gramos de microesferas de color blanco.

COLORES DE LAS MARCAS EN EL PAVIMENTO.

Las marcas en el pavimento generalmente son blancas o amarillas y en algunos casos se usa el color negro, cuando el pavimento es muy claro. En la República Mexicana se ha decidido que dichas marcas sean siempre de color blanco y solamente se usará el amarillo, para indicar en las guarniciones de las zonas urbanas, que está prohibido el estacionamiento de vehículos.

TIPO DE RAYAS.

Las rayas pintadas en el pavimento pueden ser interrumpidas o continuas. La interrumpida permite cruzar a discreción del conductor para rebasar y se empleará en el eje de vías de circulación de dos carriles, para dividir el tránsito de sentidos opuestos, o para separar los carriles con tránsito en el mismo sentido. Esta raya se pintará en ambos casos en tramos de 5 mt., separados entre sí 10 mt.; estas distancias se pueden reducir en zonas urbanas, pero conservando siempre la relación de 1 a 2 entre raya y espacio.

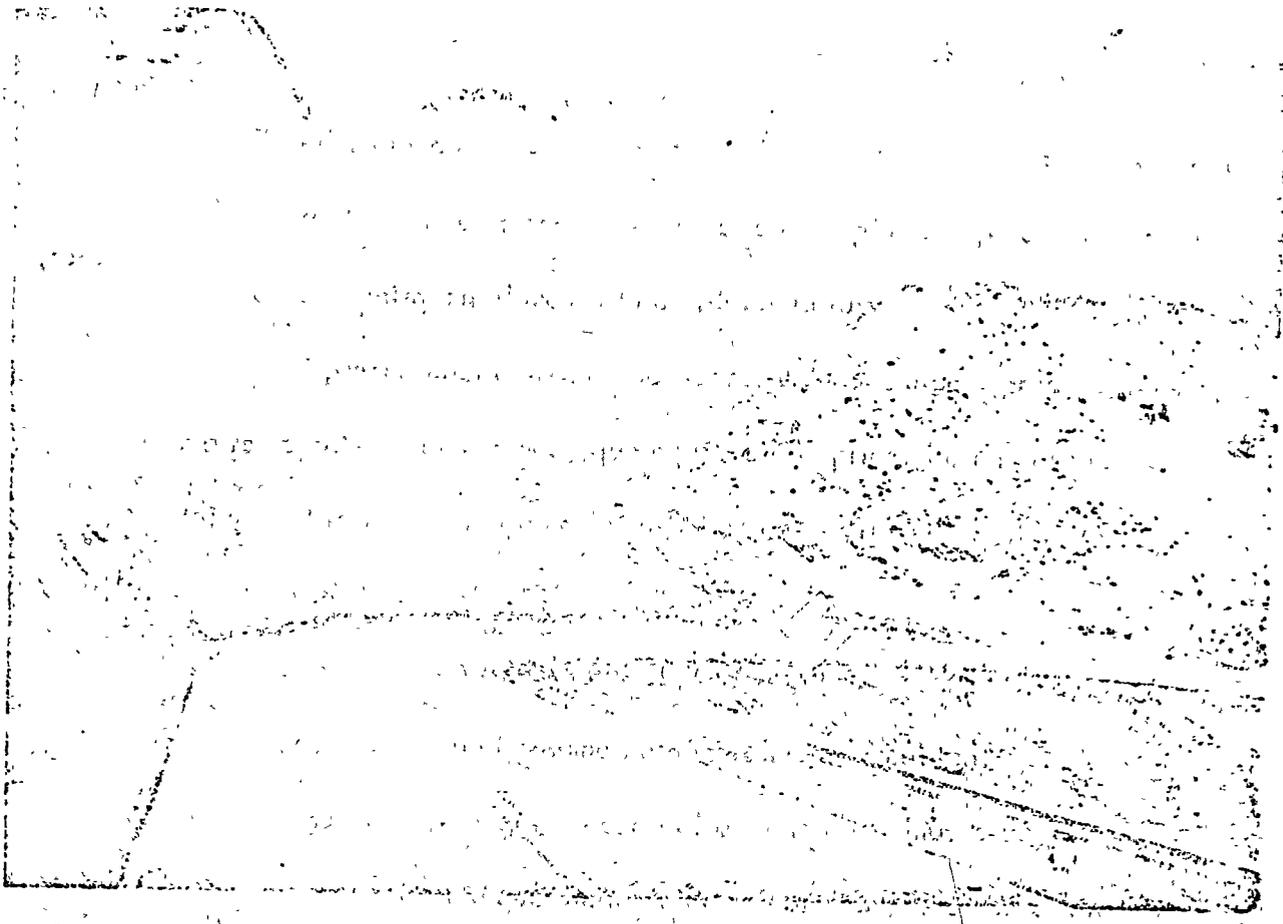
La relación de 1 a 2 entre raya y espacio

La raya continua, que generalmente hace las veces de barrera, no debe cruzarse, salvo en casos particulares, su función principal es la de canalizar la circulación. Se usa también para marcar las orillas del pavimento; para indicar la aproximación a obstrucciones o intersecciones y para las rayas transversales. Estas rayas se pintan en anchuras de 10 a 30 cms. según la importancia del caso. Las rayas de orilla de carpeta se pintan de 5 a 10 cms. de ancho, mientras que las transversales (que se usan para señalar altos, paso de peatones, etc.) se pintan con anchos de 15 a 60 cms. La mayor anchura es con el objeto de aumentar la visibilidad.

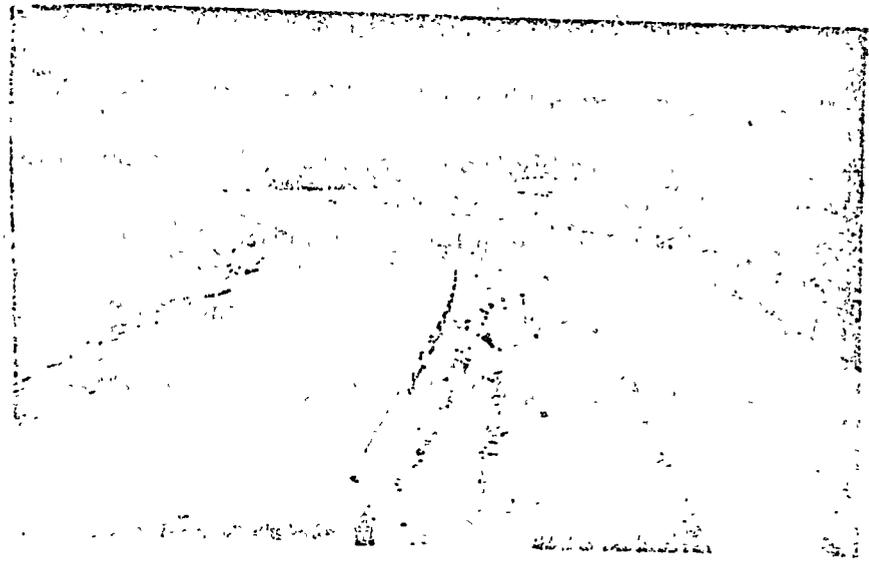
Rayas centrales.- Sirve para separar los dos sentidos del tránsito en una carretera o calzada, debiéndose situar siempre al centro del pavimento, tanto en tangentes como en curvas.- Se dividen en discontinuas, continuas sencillas y continuas dobles.

Discontinuas.- Que se emplea en vías de dos carriles cuando hay visibilidad para permitir el rebase.

Continuas sencillas.- Se emplearán en las vías de dos carriles, en todas las curvas horizontales, desde 50 mt. antes del P.C. hasta 50 mt. después del P.T. excepto cuando la distancia de visibilidad en la curva sea mayor de 180 ó 500 mt., según que la velocidad permitida en el tramo sea de 50 ó 110 kms/h. respectivamente. También se emplearán estas rayas en las curvas verticales en cima, desde 110 mt. antes y después de ella, excepto aquellos casos en que la curva tenga una distancia de visibilidad mayor de 180 ó 500 mt., según que la velocidad permitida en el tra-



Un correcto marcado señala mejor los cambios de alineamiento
Camino directo Puebla - Orizaba



Aquí se ve la utilidad de las rayas blancas
laterales, para delimitar adecuadamente los
carriles.
Autopista C. Mendoza-Orizaba, Ver.

mo sea de 50 ó 110 Kms/h., respectivamente.

Asimismo, se utilizarán en aquellos lugares de condiciones especiales, donde no sea conveniente rebasar el carril opuesto, tales como tramos de intenso tránsito, zonas de cruce, zonas escolares, etc.

Continuas dobles.- Se emplearán para separar los dos carriles de circulación en caminos o calles de cuatro o más carriles, haciendo las veces de camellón, excepto en calles sujetas a que se cambie el sentido del tránsito en ciertas horas del día, en cuyo caso será continua pero sencilla. Irán separadas 10 cms. entre sí.

Rayas separadoras de carriles.- Podrán ser discontinuas o continuas, según que se permita cruzarlas o no.- Estas líneas delimitadoras se usan para organizar el tránsito en carriles adecuados, cuyo ancho en carreteras será de 3.05 a 3.65 mt. y en poblaciones podrá en casos especiales tener un mínimo de 2.75 mt., y con esto aumentar la eficiencia en la circulación.

Rayas en las orillas de la carpeta.- Deberán ser continuas y sirven para guiar a los conductores dentro de su carril, especialmente durante la noche o cuando hay condiciones de visibilidad deficientes. Se pintan con anchos de 5 a 10 cms.

Rayas canalizadoras.- Son continuas, con anchos que varían de 10 a 20 cms., de acuerdo con la importancia del caso. Se usan para indicar la reducción asimétrica de cuatro a dos carriles y como guía para encauzar el tránsito en ciertas direcciones, sin provocar interferencias. Estas rayas son muy útiles para encauzar el tránsito en las entradas y salidas de las vías denominadas "rápidas", tanto rurales como urbanas.

Rayas transversales de parada y para cruce de peatones.— Estas rayas son transversales y se utilizan en los lugares donde deben detenerse los vehículos de acuerdo con las señales de alto, semáforos o algún otro reglamento, o bien para dar paso a los peatones en las bocacalles; generalmente son paralelas entre sí estas rayas, se diferencian en su ancho, ya que en las primeras varía de 30 a 60 cms. y en las segundas de 15 a 25 cms. Las rayas de peatones que son dos, tendrán una separación entre sí igual al ancho de la banqueta de donde parten, pero en ningún caso dicha separación será menor de 1.80 mt.

Rayas de aproximación a obstáculos.— Consisten en una o dos rayas oblicuas continuas, trazadas desde la raya central o separadora del carril, hasta un punto situado entre 30 y 60 cms. a uno o ambos lados del obstáculo. Estas rayas podrán variar de 10 a 30 cms. de ancho, según se requiera.

Marcas para el cruce de ferrocarril.— Se emplean en los cruces a nivel con un ferrocarril para indicar su aproximación, serán blancas y consistirán en una X con las letras F y C a cada lado de ella. Este símbolo deberá pintarse uno en cada carril antes del cruce, en el sentido del tránsito.

Marcas para estacionamiento.— Sirven para limitar los espacios de estacionamiento de vehículos, serán blancas y se emplean para tener un uso más eficiente de las zonas de estacionamiento.

Marcas para regular el uso de los carriles.— En el pavimento serán blancas y se emplearán sólo en zonas urbanas en el acceso a una intersección, para

se diferencian en su ancho, ya que en las primeras varía de 30 a 60 cms. y en las segundas de 15 a 25 cms. Las rayas de peatones que son dos, tendrán una separación entre sí igual al ancho de la banqueta de donde parten, pero en ningún caso dicha separación será menor de 1.80 mt.

Rayas de aproximación a obstáculos.— Consisten en una o dos rayas

- completamente las señales correspondientes, indicando los diversos movimientos que se permiten desde ciertos carriles.

Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamiento.- Sirven para indicar los sitios en que está prohibido legal y permanentemente el estacionamiento de vehículos, deben ser de color amarillo tránsito, debiendo emplearse en paradas de autobuses, sitios contiguos a esquinas u opuestos a isletas para pasajeros, etc. Estas marcas cubrirán tanto la cara vertical como horizontal de la guarnición.

Marca en obstáculos.- Las rayas marcadas sobre el pavimento indicadores de obstáculos sobre el mismo (como los estribos o pilas de puentes de pasos inferiores: monumentos, semáforos, árboles, extremos de parapetos de puentes, etc.), se inician hasta con 60 mts. de anticipación como mínimo, pintándose el obstáculo mismo a rayas blancas y negras y colocando sobre el mismo una señal reflejante que indique por medio de una flecha el sentido de la circulación.

Sería prolijo discurrir más aún sobre las numerosas aplicaciones de las señales pintadas sobre pavimentos y la técnica empleada, por lo que concretaré esta exposición a las consideraciones de los requisitos fundamentales de su función.

Priméramente, todas las rayas y marcas pintadas sobre la carpeta deben contener características tales como tamaño, contraste, colores, forma, composición, efecto reflejante, que se combinen para llamar la atención del conductor, proporcionándole un significado comprensible, para que con la concurrencia de los demás factores del diseño de la carretera, le den tiempo suficiente para reaccionar. Después, tales marcas deben ser uniformes a través de toda la red nacional de carreteras, para

ayudar a los conductores a interpretar los problemas de la circulación a lo largo de su ruta. Igual cosa se aplica al señalamiento en las zonas urbanizadas, nunca permitiéndose la interferencia de soluciones improvisadas o de índole personal. Finalmente, se tiene especial cuidado de no usar un número excesivo de señales, sobre todo preventivas y restrictivas; solamente las muy necesarias.

Volviendo sobre el tema de las fricciones del tránsito, hago énfasis en que la función sensata y adecuada del señalamiento de las carreteras, cuyo diseño requiere de ayudas para que la circulación de los usuarios que las emplean sea fluida y segura, estriba fundamentalmente en que la trayectoria de los vehículos se haga por el carril adecuado. Para esto y después de un estudio intensivo de estadísticas de accidentes y de los demás factores que conspiran contra esa fluidez y seguridad, hemos adoptado entre otros auxiliares, las marcas pintadas sobre el pavimento ya brevemente descritas, para fijar al conductor su trayectoria central y lateral; para regular sus movimientos de rebase y de cruzamientos y para obligarlo a detenerse donde es peligroso no hacerlo.

El empleo más común de la línea central pintada sobre la carpeta de las carreteras es la de indicar al usuario qué mitad de la arteria puede emplear con seguridad. Si una carretera vale la pena de pavimentarse, también vale la pena de marcarse con la línea central divisora de carriles. Sicológicamente esto es valioso también, para evitar la tendencia usual del conductor de "apropiarse" el centro de la carretera, sobre todo cuando está construida en balcón, con un precipicio a un lado.

En nuestros caminos accidentados por razón de la topografía, a través

de montañas y sinuosos por razón natural, la pintura de la raya central continua, para indicar la peligrosidad de rebasar por la falta de visibilidad, es de enorme importancia. En regiones en que prevalece la neblina, sobre todo de noche, la raya central y las laterales que se pintan con pintura reflejante que aseguran su visibilidad a la luz de los faros de tal modo que el conductor impaciente queda advertido de que cualquiera que sea su decisión al respecto, esas marcas son las que le significan seguridad. - Por eso es que se requiere mantenerlas en continua conservación en tales regiones y no esquivar su pintura por falsas economías en otras zonas en que prevalecen condiciones iguales, porque los usuarios llegan a confiarse de que en todas partes existen.

Las marcas sobre el pavimento en carreteras de más de dos carriles son también indispensables para que los carriles adecuados se utilicen como debe ser. En la experiencia de los ingenieros de caminos, tal vez no haya un mejor método de inculcar educación al conductor para mantenerse dentro del carril que le corresponde, para su seguridad y la de las demás, que este procedimiento altamente perceptivo, que le muestra cuál es el carril que le corresponde. El conductor sigue instintivamente cualquier alineamiento que se le fije, por lo que las líneas pintadas longitudinalmente ejercen un efecto poderoso evitando que el vehículo se descamine de su trayectoria. Por igual razón, las líneas pintadas al extremo de ambos lados de la carretera sirven eficazmente como delimitación de la superficie de rodamiento, dando al conductor una sensación de seguridad, sobre todo en horas nocturnas cuando su competencia de juicio se ve limitado por la visibilidad de los faros; inclusive, cuando se aproxima otro vehículo en sentido contrario, con sus faros encendidos, el lapso de incerti-

dumbre por deslumbramiento provocado por el cruzamiento de sus trayectorias, se alivia fijando su vista sobre la línea lateral pintada, esquivando los rayos directos de los faros contrarios al tiempo de asegurarse que su trayectoria sigue dentro de los límites de la carpeta.

Mucho se ha hablado de la hipnosis que la raya central ejerce sobre llamamente de los conductores en las largas y monótonas tangentes de la carretera, cuando es la única pintada así: pero lo cierto es que se ha comprobado que con la raya lateral adicional, esa hipnosis desaparece y el vehículo, como un proyectil dirigido, se apunta en medio de ambas rayas, desapareciendo la posibilidad de montarse sobre la central, como antes ocurría.

Actualmente en la red federal de carreteras en conservación se tienen con raya central en 100% y laterales en un 30% las principales carreteras troncales:

México-Acapulco, México-Puebla-Jalapa-Veracruz, México-Nuevo Laredo, México-Ciudad Juárez, México-Morelia-Guadalajara-Tijuana, México-Piedras Negras, México-Tuxpan, México-Cuautla-Oaxaca-Tapachula y Veracruz-Coatzacoalcos-Villahermosa-Campeche-Mérida-Valladolid, contando éstas a la fecha con 6,053 km. efectivos de raya central y 6,180 de rayas laterales, lo cual hace un total de 12,233 km.

Durante el año de 1968 se pintaron en la red federal 15,570 km. efectivos de rayas, de los cuales correspondieron 7,833 a raya central y 7,747 a laterales siendo el importe de este trabajo de \$ 12,456 000.00.

La longitud de la red federal actualmente a cargo de la Dirección General de Conservación de Carreteras Federales, es de 25,308 km., por lo que requiere

de 10,110 km. de raya central efectiva y 50,618 de rayas laterales: a la fecha se cuenta aproximadamente con el 90% de la raya central y con un 19% de las rayas laterales.

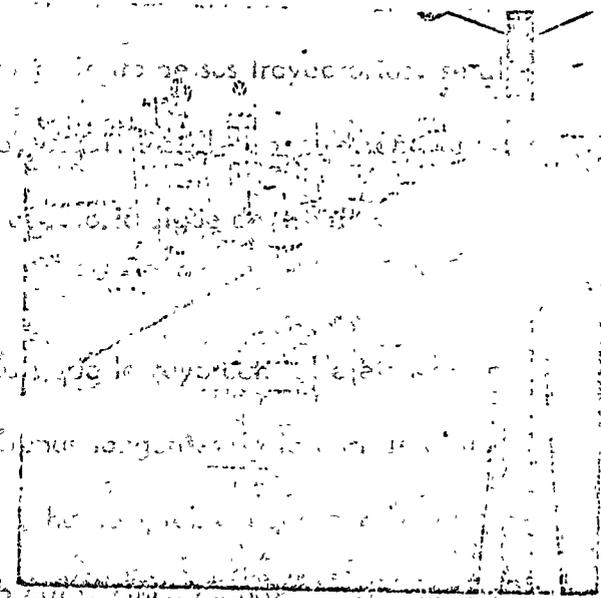
Cabe mencionar como punto final de esta plática, que para la atención permanente del señalamiento de la red federal se destinan importantes sumas del presupuesto, ya que un señalamiento adecuado a las características geométricas de cada tramo de carretera, proporcionan fluidez y seguridad al tránsito de vehículos y sirve de guía a los usuarios.

En los trabajos rutinarios de conservación la Secretaría de Obras Públicas considera el del señalamiento tan importante, que conviene enfatizar la labor que sobre la materia ha encauzado recientemente y que puede resumirse en los siguientes puntos:

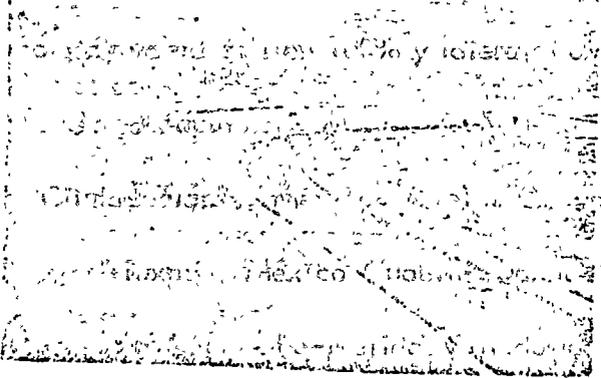
- 1.- En la etapa actual del desarrollo vial de México, para que un camino resuelva eficientemente el problema de comunicación es necesario analizarlo desde el punto de vista de la operación de los vehículos que lo recorrerán.
- 2.- Consecuentemente el aspecto funcional de un camino es tan importante como cualquiera de los aspectos estructurales de éste y aún más porque de esto depende la vida y los bienes de los usuarios.
- 3.- A medida que nuestra red de caminos crece aumenta el tránsito y con él las complicaciones para resolver los problemas operacionales que de él se derivan.
- 4.- Debemos frenar el incremento del número de accidentes con pérdidas de -

...dumbre por desdrambramiento provocado por el ... de sus trayectorias ...
...verificado su vista sobre la línea lateral pintada...

Pintado de rayas con equipo motorizado
Autopista MEX - 57
México - Querétaro



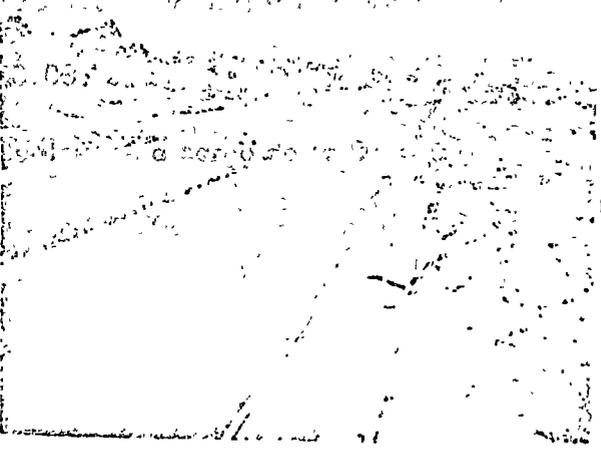
Mucho se ha hablado de la ... que la ...
...responde a los conductores, en los lugares y momentos ...
...número de unidades ...
...la ... de ... y el ...
...de ... de ...
...se ... en la ... de ...



Un ejemplo de rayas separadoras de carriles y laterales
Autopista México-Querétaro

...de ... y ...
...de ...

Un ejemplo de rayas de carriles y laterales
Autopista México-Querétaro



vidas y bienes, los que significan una sangría para el País y una muralla a nuestro desarrollo económico.

5.- El desarrollo del País ha llegado a una etapa tal que el proyecto, la construcción, la conservación y el aspecto funcional de un camino deben regirse por las normas ^{modernas} de la Ingeniería de Tránsito.

6.- En particular el señalamiento de los caminos, sobre todo aquellos que acusan los más altos volúmenes de tránsito, debe proyectarse y vigilarse por personal altamente calificado en estas nuevas disciplinas que el progreso de la humanidad ha creado.

7.- En toda obra de ingeniería donde existen riesgos para la vida del hombre se deben tomar coeficientes de seguridad mayores que los usuales. En un camino esos coeficientes de seguridad deben tomarse desde su proyecto, tanto del camino en sí como de su señalamiento, para que permanentemente se advierta al usuario las medidas precautorias que debe tomar y lo oriente con seguridad a su lugar de destino.

La SOP, por tal motivo, creó el ¹⁹⁴⁴ año pasado la Comisión de Ingeniería de Tránsito cuya función es la de precisar criterios y normas geométricas en las carreteras para mejorar su aspecto operacional y coordinar la labor necesaria para uso adecuado de los dispositivos para el control de tránsito que requiere el sistema vial del País.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.
CURSO: DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

SEMAFOROS. ELEMENTOS Y CLASIFICACION.

* * *

SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO Y ACCIONADOS POR EL TRANSITO.

Ing. Luis Piña Guerrero.

México, D.F., abril de 1975.

C O N T E N I D O

1. - INTRODUCCION

2. - ELEMENTOS DEL SEMAFORO

Unidad óptica
Caja
Accesorios

3. - CLASIFICACION

Semáforos de tiempo fijo
Semáforos de peatones
Semáforos Especiales

4. - CONTROLES DE TIEMPO FIJO

Definición de Términos
Características Generales
Significado de las Indicaciones
Utilidad
Datos previos necesarios de Ingeniería de Tránsito
Requisitos que justifican la instalación de semáforos de tiempo fijo.

5. - SEMAFOROS ACCIONADOS POR EL TRANSITO

Funcionamiento del control Semiaccionado por el tránsito
Funcionamiento del control totalmente accionado por el -
tránsito.
Controles adaptables al tránsito
Requisitos que justifican instalar semáforos accionados por
el tránsito
Detectores.

6. - SEMAFOROS DE PEATONES

Tipo de control
Significado de las Indicaciones
Ubicación
Comparación de los controles de tiempo fijo
y los controles accionados por el tránsito.

7. - BIBLIOGRAFIA.

SEMAFOROS. ELEMENTOS Y CLASIFICACION.

SEMAFOROS DE TIEMPO FIJO Y ACCIONADOS POR EL TRANSITO.

I. - Introducción:

Actualmente, en los centros urbanos, ya no puede concebirse el movimiento ordenado de los vehículos sin la instalación de señales luminosas (semáforos). No sólo regulan la circulación en los puntos conflictivos, sino que han pasado a ser un instrumento indispensable para el control del tránsito. Su cometido principal es mantener fluída la circulación en las redes viales valiéndose de los medios que nos brinda la actual técnica de la electrónica en materia de control. Esto es de suma importancia, sobre todo en las zonas de los centros urbanos donde se presentan problemas del tránsito, ya que la creación de nuevas vías o el ensanchamiento de las existentes, requieren presupuestos relativamente elevados y grandes períodos de tiempo para su construcción.

La operación de redes viales con semáforos, de acuerdo con su magnitud, pueden ser gobernadas desde aparatos sencillos de construcción electromecánica, hasta dispositivos electrónicos, incluyendo las computadoras con sus grandes ventajas que aportan.

El tema por tratar es bastante amplio, y no sería posible abordarlo en una sola conferencia, por lo que me permitiré exponer los puntos de mayor interés, con el fin de conocer el funcionamiento de los semáforos, las causas de su justificación y aplicación.

2. - Elementos de los semáforos:

Los semáforos han pasado por muchas etapas de desarrollo en su fabricación, pero los más modernos para cumplir con las exigencias de buena visibilidad, seguridad de funcionamiento, facilidad de mantenimiento, sencillez en el montaje y múltiples posibilidades de ampliación, son construidos con los siguientes elementos:

Unidad óptica. - Está constituida de un portalámparas para fijar una lámpara -- incandescente con una potencia de 60 a 70 watts, que iluminará una lente difusora, construida de vidrio con formaciones prismáticas con diámetro de 203 mm. ó 305 mm., de color verde, rojo o ámbar. Esta lente tiene como objeto refractar los rayos producidos por la lámpara hacia abajo, para que el conductor perciba claramente la indicación luminosa.

El reflector, construido de aluminio pulido y tratado químicamente para que no pierda su brillo, desempeña las siguientes funciones:

Sino existiese reflector, no se proyectarían los rayos de luz de la fuente luminosa en dirección contraria a la lente y por consiguiente, se perdería potencia luminosa. El reflector se diseña de forma parabólica, con el objeto de proyectar los rayos que emite la lámpara paralelamente a su eje y los prismas de la lente los refracte hacia el conductor.

Si el reflector está adecuadamente diseñado, evita el fenómeno del fantasma solar que se presenta cuando los rayos del sol entran por la lente y son reflejados al exterior, dando la sensación de que la lente está iluminada por la lámpara.

El empleo de reflectores dobles, equivale a un aumento de la seguridad, pues en caso de que falle una lámpara, con la luz de la otra, la indicación permanece -- visible.

Caja. - Para proteger la unidad óptica, se coloca en una caja de fundición prensada de una aleación de aluminio. Actualmente, se pueden fabricar éstas de policarbonato, que son más ligeras y tienen la ventaja de que su color se aplica al moldear la caja y no hay necesidad de repintarlo periódicamente, sino únicamente limpiarla.

Accesorios. - Se emplean los siguientes accesorios:

Dispositivos para unir las cajas seccionales y formar el semáforo con las indicaciones de siga, preventiva, alto y flechas para indicar vueltas a la derecha y a la izquierda. Para instalar el semáforo convenientemente en la postería, se emplean accesorios de fierro consistentes de crucetas, codos y tramos de tubos - - con cuerda.

Para conservar exteriormente el cristal limpio, se cubre éste con una visera de lámina, sujeta a la caja, y que a su vez sirve también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos a áquel donde se enfoca.

3. - Clasificación:

De acuerdo con el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, elaborado por la Secretaría de Obras Públicas, edición 1970, la

clasificación de los semáforos se basa en los mecanismos de operación de sus controles o aparatos que regulan la duración y la secuencia de las indicaciones luminosas, y es la siguiente:

A) Semáforos para regular el tránsito de vehículos:

1. - Semáforo de tiempo fijo.
2. - Semáforos accionados por el tránsito, que se subclasifican en:
 - a) Totalmente accionados por el tránsito
 - b) Semiaccionados por el tránsito
 - c) Adaptables a las variaciones del tránsito

B) Semáforos para peatones

C) Semáforos especiales, que se subclasifican en:

- a) De destello
- b) De control de circulación por carriles
- c) De control del tránsito en accesos a puentes levadizos
- d) Semáforos y barreras para los pasos de ferrocarril a nivel

Con el fin de abordar otros temas con más amplitud, trataremos en esta conferencia los dos primeros puntos de esta clasificación (A y B), que tienen una mayor aplicación en el control del tránsito.

4. - Descripción de los controles que regulan los semáforos de tiempo fijo.

Para estudiar las características de funcionamiento de estos aparatos, así como el campo de sus aplicaciones, empezaremos por definir algunos términos de uso frecuente en Ingeniería de Tránsito.

○ Intersección. - Area general donde dos o más caminos se unen o cruzan, ya sea a nivel o a desnivel, y que comprende toda la superficie necesaria para facilitar todos los movimientos de los vehículos que circulan por ella.

Cabeza de semáforo. - Se denomina cabeza a la armadura o cajas que contiene las partes visibles del semáforo, cada una de ellas tiene un número determinado de luces orientadas en diversas direcciones.

Cara del semáforo. - El conjunto de luces que están orientadas en la misma dirección se llama cara del semáforo. En cada una de ellas existen tres o más unidades ópticas.

○ Indicación del semáforo. - Iluminación de una lente de semáforo o de varios simultáneamente.

Ciclo. - Lapso necesario para una secuencia completa de indicaciones de una cara del semáforo, hasta que vuelva al color o indicación inicial.

Intervalo. - Cualquiera de las diversas subdivisiones del ciclo correspondiente a las indicaciones o colores del semáforo.

Fase de circulación. - La parte del ciclo del semáforo que se asigna a la corriente del tránsito o cualquier combinación de circulaciones que reciben el derecho de paso simultáneamente durante uno o más intervalos.

○ Desfasamiento. - El número de segundos o porcentajes de ciclo que tarda en aparecer la indicación de siga en un semáforo, después de un instante dado, que se -

toma como punto de referencia.

Secuencia de intervalos.- El orden consecutivo, predeterminado de aparición de las indicaciones de los semáforos dentro de un ciclo.

Control secundario.- Mecanismos eléctricos que hacen funcionar los semáforos, incluyendo el dispositivo de sincronización y todos los aparatos complementarios necesarios, alojados en una caja o gabinete metálico. Se llama también control local o mando de cruce.

Control maestro.- Un control de semáforos de tipo automático que sirve para supervisar y variar los parámetros de los controles secundarios.

Características generales de los controles secundarios.- Se instalan en cada intersección.- Para dirigir los movimientos del tránsito se establecen previamente en ellos el ciclo; intervalos y desfases para lo cual cuentan con dispositivos electromecánicos donde se fijan. Para hacer variar estas tres magnitudes de acuerdo con programas preestablecidos, se emplea un control maestro que está interconectado eléctricamente con cada control secundario.

A continuación se describe con mayor detalle el funcionamiento de los mecanismos del control maestro y los controles secundarios.

Control maestro.- Tiene como misión transmitir a los controles locales diferentes ciclos, intervalos y desfases de acuerdo con una programación diaria y semanal fijada de antemano, la cual fué hecha tomando en consideración las

condiciones del tránsito de la zona gobernada por él. Para llevar al cabo los cambios de la programación se deben contar con los siguientes elementos:

1o. - Mecanismo para recibir el programa elaborado por el ingeniero de tránsito, con capacidad para cambiar los parámetros del mismo en fracciones de hora, por hora, por día y por semana, con objeto de cubrir al máximo las condiciones del tránsito en consideración.

2o. - Mecanismo que recibe el programa preestablecido y a su vez, lo transmite a través de cables eléctricos a los controles locales.

3o. - Debe contar también con un dispositivo para que los semáforos sean apagados a determinadas horas de la noche.

Controles secundarios. - Regulan directamente las señales luminosas. Para que operen satisfactoriamente y tengan un amplio grado de flexibilidad deberán estar dotados de los siguientes mecanismos:

1o. - Mecanismo de secuencia de fases. Sirven para establecer el orden y número de los movimientos vehiculares que se desarrollarán en la intersección. Los más modernos están acondicionados para variar automáticamente el número de fases.

2o. - Mecanismo para ajustar el tiempo de ciclo o la duración de las indicaciones del semáforo en dos formas: Manualmente en el mismo control y automáticamente desde el control maestro. Se denomina también unidad de tiempo a este dispositivo.

3o. - Mecanismo de desfasamiento. Su funcionamiento consiste en recibir estas magnitudes establecidas en el control maestro para que los semáforos instalados en las intersecciones se puedan coordinar.

4o. - Mecanismo de apagado. Su funcionamiento consiste en apagar las luces de las indicaciones de los semáforos, de acuerdo a un horario establecido en el control maestro.

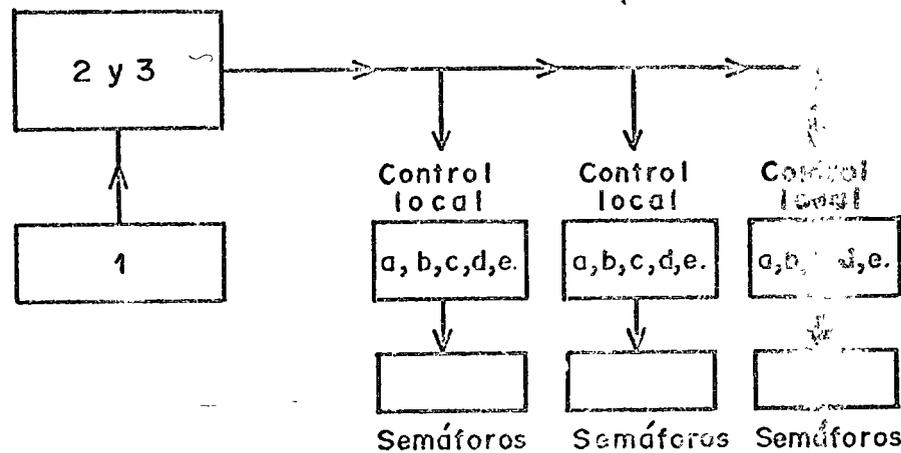
5o. - Mecanismo de luces de destello. Su funcionamiento consiste en operar las indicaciones de luces roja y ámbar de los semáforos a luces de destello, inmediatamente después de apagarse los semáforos. Se adjunta un diagrama para -- mostrar el funcionamiento de los controles.

Significado de las indicaciones. - La interpretación de los colores de los semáforos, según normas de los Estados Unidos, es como sigue:

- a) Verde: Los vehículos que avanzan hacia el semáforo podrán seguir de --- frente y con precaución dar vuelta a la derecha o a la izquierda a menos que alguna señal prohíba lo contrario.
- b) Ambar: Advierte a los vehículos frente al semáforo, que está a punto de - aparecer la luz roja y que la circulación que regula la luz verde - debe detenerse.
- c) Rojo: El tránsito que marcha hacia el semáforo se detendrá antes de la - raya de alto o frente al semáforo, si aquélla no existe, procurando dejar paso a los peatones.

DIAGRAMA PARA MOSTRAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SEMÁFOROS DE TIPO FIJO.

Dispositivos del control maestro



1.- El mecanismo para pre-fijar los programas.

2.- Mecanismo para recibir y transmitir los programas:

3.- Mecanismo para apagar los semáforos.

Mecanismos para operar manual y automáticamente

- a.- Fases
- b.- Ciclo e intervalos
- c.- Desfasamientos
- d.- Apagado de luces
- e.- Luces de destello

d) Flechas Directivas: El tránsito que avanza hacia el semáforo podrá seguir los sentidos indicados por las flechas directivas (de frente, vuelta a la derecha y vuelta a la izquierda).

e) Destello rojo: Indica que el conductor antes de atravesar la intersección debe de parar en la línea de alto y emprender la marcha con precaución.

f) Destello ámbar: Indica que el conductor debe atravesar la intersección con precaución, ya que en los demás accesos se encuentra la indicación de destello rojo.

Para la aplicación del significado de las indicaciones de los semáforos es conveniente tomar en cuenta las recomendaciones que a continuación se enumeran:

a) Se procurará que en ningún caso esté permitido al conductor entrar o cruzar por una intersección sin la debida consideración para la seguridad de terceros.

b) Nunca deberán aparecer simultáneamente combinaciones de colores en los semáforos, excepto cuando haya flechas directivas con ámbar fijo o rojo fijo.

c) La indicación de ámbar fijo se aplicará considerando que sirva para despejar el tránsito, en una intersección y para evitar frenados bruscos. Algunas condiciones especiales, tales como topografía, dimensión del cruce, altas velocidades de aproximación, pendientes fuertes o tránsito intenso de camiones pesados

demandarán un intervalo mayor que el normal, para despejar la intersección; - en tal caso, se empleará un intervalo normal de ámbar fijo, seguido de luz roja en todas direcciones, durante otro intervalo adicional para desalojar totalmente la intersección.

d) El destello ámbar se debe aplicar en la vía que tenga preferencia y el destello rojo en los demás accesos.

Utilidad. - Los semáforos si se instalan y funcionan correctamente, aportarán -- una o más de las siguientes ventajas:

- a) Establece el movimiento ordenado del tránsito de vehículos y peatones dando alternativamente el derecho de paso con lo cual se incrementa la capacidad de la intersección.
- b) Se reduce la tendencia de ciertos tipos de accidentes como son las colisiones en ángulo recto.
- c) Bajo condiciones favorables de separación entre intersecciones, en avenidas o redes viales, se logra coordinación óptima que permite un tránsito continuo a velocidades razonables.
- d) Interrumpe el tránsito continuo de una intersección con objeto de dar seguridad al paso de otra corriente vehicular.
- e) Donde se requiere la instalación de semáforos, es más económico y más eficiente regular el tránsito por estos dispositivos que por medio de elemen

tos humanos.

Muchas instalaciones, aunque necesarias, se han proyectado mal, y pueden ocasionar las siguientes desventajas:

- a) Aumenta la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- b) Si están mal colocados los semáforos y la función de las indicaciones no son adecuadas, originan la desobediencia de los conductores.
- c) Si están mal coordinados causan demoras innecesarias y desviaciones hacia rutas alternas menos adecuadas.

Datos previos necesarios de Ingeniería de Tránsito. - Se debe efectuar, previamente, una investigación total de las condiciones del tránsito y de las características del cruce, para determinar si se justifica la instalación del semáforo y obtener los datos necesarios para el proyecto y el funcionamiento adecuado. Dichos datos son:

- A) El número de vehículos que entran por un cruce por hora y por acceso durante 16 horas en un día promedio. Las 16 horas que se escojan deben contener el porcentaje mayor del tránsito de las 24 horas.
- B) Los aforos de todos los vehículos que pasan por la intersección, por períodos de quince minutos, durante las dos horas de la mañana y dos de la tarde, en que la intensidad del tránsito sea la máxima. Los vehículos se separarán por tipos

(automóviles, camiones pesados, camiones ligeros, transportes públicos, etc) y según el sentido en que circulen.

C) Los aforos de peatones en cada cruce durante los mismos períodos que para los vehículos B) y, además, durante las horas de máxima intensidad de circulación de peatones. Cuando se deba prestar a los niños y a las personas de edad una consideración especial, puede hacerse la siguiente clasificación de grupos:

1. - Menores de 13 años

2. - De 13 a 60 años

3. - Mayores de 60 años

D) La velocidad dentro de la cual queda comprendido el 85% de todos los vehículos en los accesos no controlados de la intersección.

E) Un diagrama que contenga detalles físicos, tales como características geométricas, canalizaciones, pendientes, restricciones a distancias de visibilidad, -- circulaciones y paradas de autobuses, reglamentación de estacionamiento, marcas, alumbrado público, entradas de vehículos a predios, ubicación de pasos de ferrocarril cercanos, distancias a los semáforos más próximos, postes, estructuras de servicios públicos y usos de los terrenos adyacentes.

F) Diagrama con estadísticas de accidentes, por lo menos de un año, clasificados por tipos, ubicación, sentidos de circulaciones, gravedad, hora, fecha y día de la semana.

G) Datos adicionales. Los datos siguientes, también son útiles para conocer con mayor precisión las características de funcionamiento de un cruce y se pueden obtener durante los períodos mencionados en el párrafo B) anterior:

1. - Resultados de los estudios de demoras, determinadas separadamente para cada acceso.

2. - Número y distribución de claros entre agrupamientos de vehículos en la circulación de la calle principal, cuando el tránsito de la calle secundaria le es posible cruzar la intersección en condiciones de seguridad.

Requisitos que justifican la instalación de semáforos de tiempo fijo. - Como regla general solo se deben emplear cuando el tránsito no puede circular debidamente por una intersección y se causan demoras innecesarias a vehículos y peatones, imposibles de evitar o aminorar con señales restrictivas de Alto o Ceda el Paso. Razones de seguridad también pueden indicar la instalación de semáforos, pero es preciso tener en cuenta que los semáforos no siempre evitan los accidentes y que en algunos casos pueden hasta provocarlos.

A) Volumen mínimo de vehículos. - Aquí la intensidad del tránsito de las vías que se cruzan es la principal justificación. Se llena el requisito cuando se presenten los volúmenes mínimos en cada una de cualesquiera ocho horas de un día promedio, según la tabla siguiente:

Núm. de carriles por acceso.		Veh. por hora en	Veh. por hora en acceso de
Calle principal	Calle secundaria	Calle principal (ambos accesos)	mayor volumen de 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 las mismas ocho horas. El sentido de tránsito con mayor volumen en la calle secundaria puede ocurrir, en un acceso, durante algunas horas y en el otro sentido durante las horas restantes.

B) 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 o al cruzar la calle principal. El requisito se satisface cuando durante cada una de cualesquiera ocho horas de un día promedio, en la calle principal y en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria, se tiene los volúmenes mínimos indicados en la tabla siguiente y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito:

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

Los volúmenes para las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas el sentido de circulación con mayor volumen de la calle secundaria puede ser en un sentido por unas horas y en el otro por el resto. Si la velocidad media dentro de la cual circulan 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.

C) Volumen mínimo de peatones- Se satisface este requisito si durante cada una de cualesquiera ocho horas de un día promedio se tienen los siguientes volúmenes: 600 o más vehículos, en ambos sentidos en la calle principal, por hora, o bien 1,000 o más vehículos por hora si la calle principal tiene camellón; y durante las mismas ocho horas cruzan 150 o más peatones por hora, en el cruce de mayor volumen.

Cuando la velocidad dentro de la cual circula el 85% del tránsito exceda de 60 km/h o si la intersección está en una población con menos de 10,000 habitantes, el requisito se reduce al 70% de los valores indicados.

El semáforo que se instale conforme a este requisito en un cruce aislado, debe ser del tipo accionado por el tránsito. Puede tener un botón para uso de los peatones.

D) Movimiento progresivo- Una coordinación de movimiento progresivo algunas veces necesita la instalación de semáforos en intersecciones en donde no se justificaría de otra manera para mantener el agrupamiento

de vehículos adecuado y para regular efectivamente la velocidad . La justificación por movimiento progresivo se satisface cuando:

1. - En una calle de un sentido o en una calle en donde se tiene tránsito predominante en un sentido, los semáforos adyacentes están tan apartados que no proporcionan el grado necesario de agrupamiento de vehículos y control de velocidad.

2. - En una calle de doble sentido, los semáforos adyacentes no proporcionan el grado de agrupamiento y control de velocidad; entonces el semáforo -- propuesto y los adyacentes pueden constituir un sistema progresivo.

E) Antecedentes acerca de los accidentes. - Este requisito debe ir relacionado con alguno de los anteriores, ya que por sí solo no justifica la instalación de semáforos. En muchas ocasiones suceden más accidentes después de instalarlos que antes. Los requisitos relativos a accidentes se satisfacen si:

1. - Otros procedimientos menos restrictivos, que se han experimentado - - satisfactoriamente en otros casos, no han reducido la frecuencia de - - - accidentes.

2. - Cinco o más accidentes, del tipo susceptible de corregirse con semáforos, en los que hubo heridos o daño físico por más de \$1,000.00 , hayan - - - ocurrido en los últimos doce meses.

3. - Existen volúmenes de peatones y vehículos, no menores del 80% de los que se especifican para los requisitos de los volúmenes mínimos.
4. - La instalación del semáforo no desorganiza la circulación progresiva del tránsito.

Los semáforos que se instalen con base en la experiencia de los accidentes debe ser tipo semi-accionados, si está comprendido en un sistema coordinado. Si se instalan en un cruce aislado, deben ser totalmente accionados.

F) Con respecto a la instalación de semáforos en la proximidad de escuelas para reducir los peligros que el tránsito pueda causar a los escolares, - en general, es mejor regular el cruce de los escolares por elementos humanos autorizados para hacerlo, durante los breves momentos en que los riesgos son grandes. Sin embargo, los semáforos pueden estar justificados cuando:

- a) Los volúmenes de peatones que atraviesan una calle en un paso de escuela designado son superiores a 250 peatones por hora, en dos horas cualesquiera del día y
- b) Durante esas mismas horas el volumen vehicular que cruza por el paso excede de los 800 vehículos por hora y
- c) No hay ningún semáforo a menos de 300 m. del paso.

También se recomienda que estas señales para colegiales tengan botones de con--

tacto para peatones y siempre deben estar provistos de lentes especiales para dar indicaciones a los peatones.

G) Combinaciones de los requisitos anteriores. - En casos excepcionales, los semáforos pueden justificarse en donde no se satisface plenamente una norma pero dos o más normas se satisfacen hasta el 80% más de -- los valores establecidos.

Un juicio adecuado de otras medidas que causen menos demoras o inconveniencias al tránsito deberán preceder a la instalación de semáforos bajo esta norma.

En todos los casos de instalaciones semáforicas debe llevarse a cabo un estudio de antes y después para investigar los cambios efectivos que se lograron y para adquirir experiencia en la aplicación de las normas de justificación. Por eso se debe contar con las estadísticas de accidentes antes de la instalación, volúmenes de tránsito, de peatones, demoras, tiempos de recorrido y velocidades.

Los mismos datos pueden obtenerse después de la instalación y así hacer una -- comparación y sacar las conclusiones con respecto a las normas que determinaron la justificación de dicha instalación de semáforos.

Ubicación de los semáforos. - Para que las caras de los semáforos sean perfectamente visibles a los conductores que se aproximan a determinada velocidad a la intersección, deberá cumplirse con las siguientes recomendaciones:

1o. - Con el objeto de que una indicación apagada del semáforo no origine duda o

confusión en el manejador; un mínimo de dos caras de semáforos se instalará para cada uno de los movimientos principales de los vehículos y serán continuamente visibles a las siguientes distancias, contadas a partir de la línea de alto, cuando éstos se aproximan a las siguientes velocidades.

Velocidad (Km / horas)	Distancia (Metros)
32	30
40	53
48	76
56	100
64	121
72	144
80	167
88	190
96	213

20. - Donde las condiciones físicas impidan tener una visibilidad continua, es conveniente instalar una señal preventiva, a una distancia adecuada que informe que hay un semáforo próximo. Con objeto de que no pase desapercibida por algunos conductores se puede instalar, cerca de ella, un semáforo con luz ámbar destellando.

30. - Los semáforos cuando se colocan después de la intersección (norma norteamericana), quedarán a una distancia no mayor de 36 m ni menor de 12 m de la línea de alto, uno colocado a la derecha y otro a la izquierda. Esta recomendación tiene como fin que la cara de los semáforos queden comprendidos dentro de un ángulo de 20 grados aproximadamente medidos desde el centro del acceso, ya que en esta forma es fácil de percibir por el conductor.

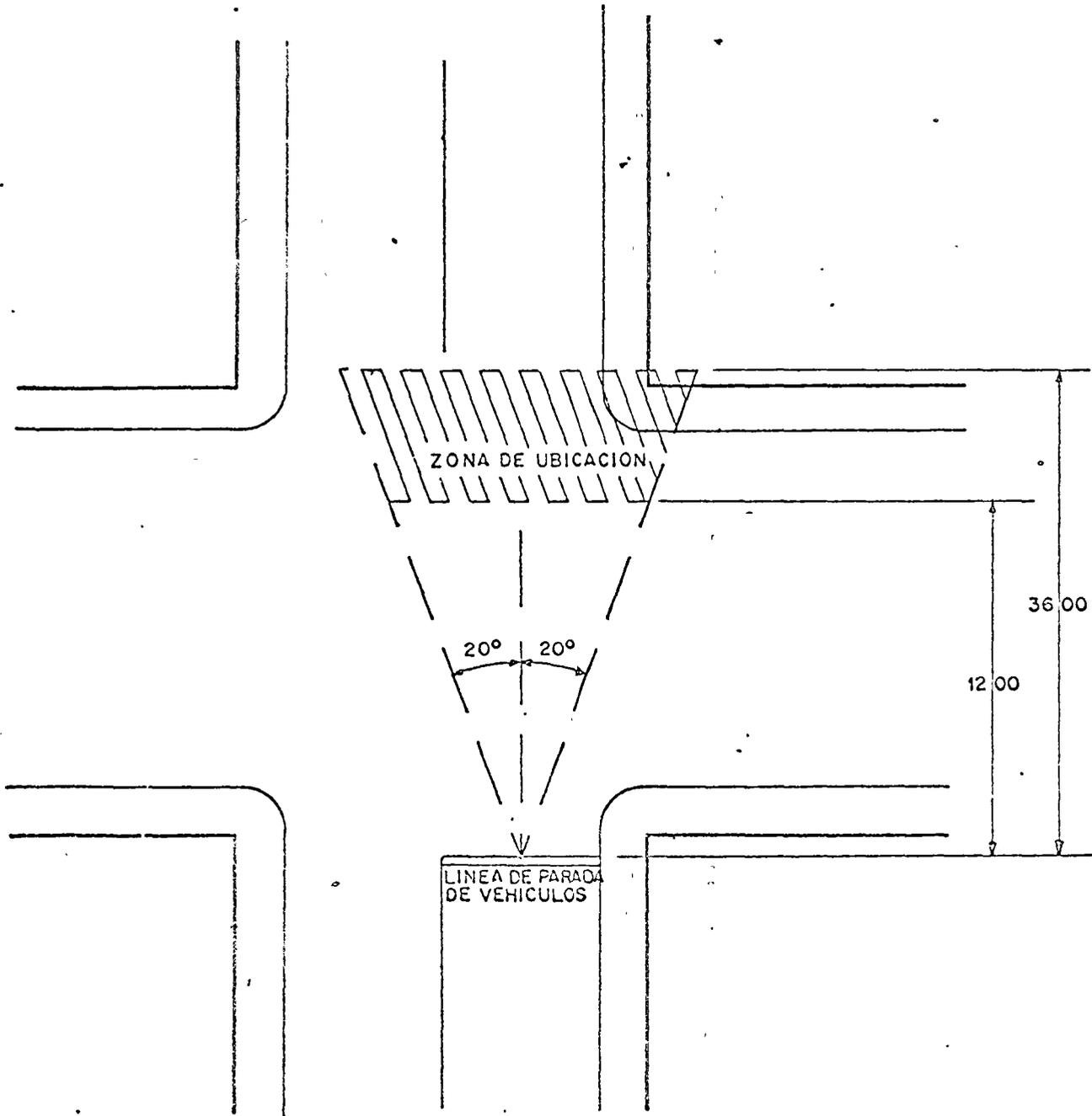
40. - Cuando la cara del semáforo más cercano se encuentre a más de 36 metros de la línea de alto se recomienda un semáforo adicional.

Los semáforos para que se encuentren en la zona de visibilidad recomendada (fig. adjunta) se montan en un poste con un brazo metálico de longitud necesaria para procurar que quede al centro del acceso. También se pueden colgar de un cable metálico con el mismo fin.

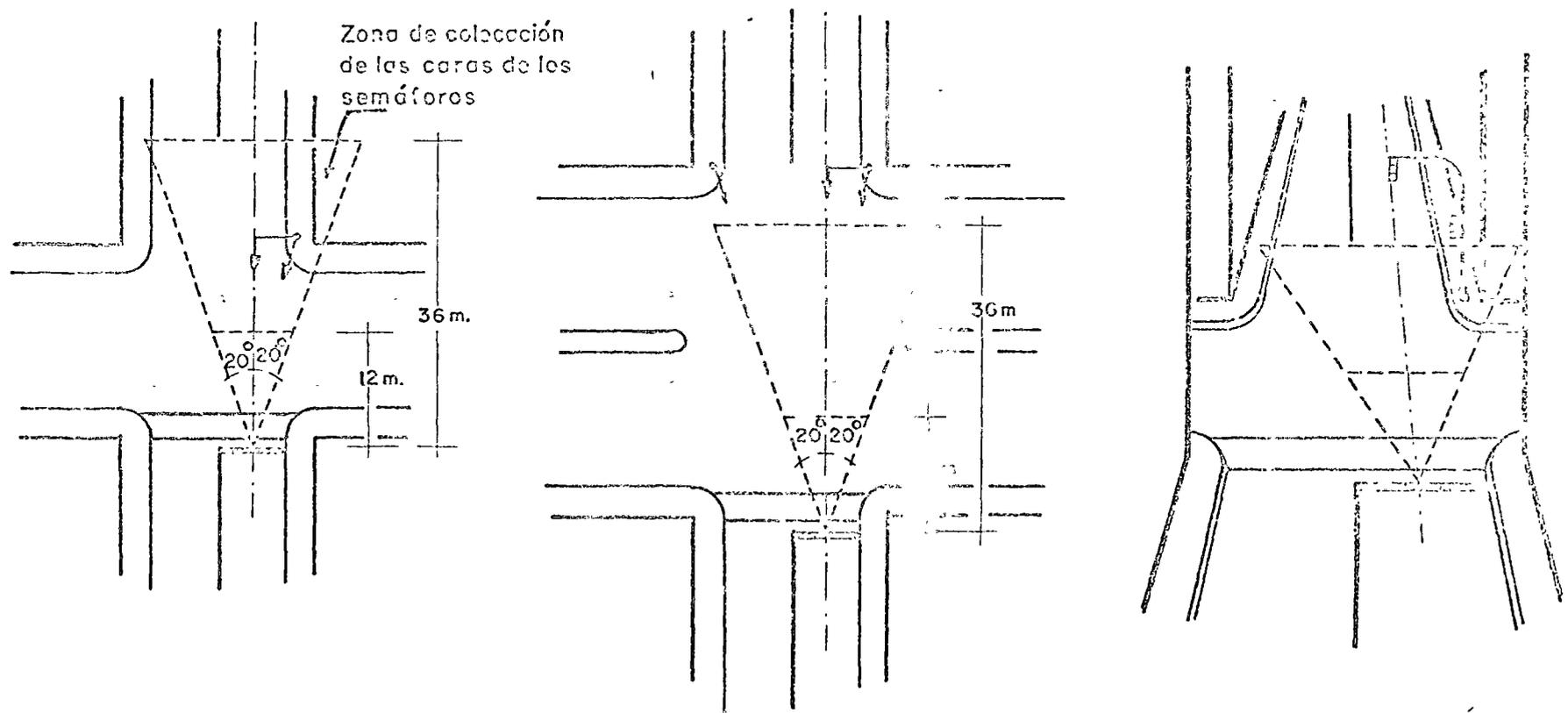
5o. - Se pueden usar mayor número de caras adicionales cuando estudios de Ingeniería de Tránsito demuestran que éstas son necesarias para mejorar la visibilidad en condiciones de intersecciones con las más complicadas.

Es importante mencionar que de acuerdo con las normas europeas los semáforos se colocan antes de entrar en la intersección, procurando dejar libre la zona de peatones. En esta forma de localización se permite dar una fase exclusiva para el movimiento de peatones, obteniéndose mayor seguridad para ellos.

UBICACION RECOMENDABLE PARA LA LOCALIZACION DE LAS CARAS DE SEMAFORO



UBICACION DE LAS CARAS DE LOS SEMAFOROS



5. - Semáforos accionados por el tránsito:

Se fabrica otro tipo de control local de construcción electrónica con circuitos impresos transistorizados y desmontables. Sus mecanismos funcionan de -- acuerdo con la demanda de vehículos registrados por medio de detectores colocados en los accesos de la intersección, haciendo que las indicaciones de Siga de los semáforos sean proporcionales a estas demandas.

Como ya se mencionó en el párrafo 3, se clasifican en tres categorías:

Semáforos semiaccionados por el tránsito. - Disponen de medios de ser accionados por el tránsito en uno o más accesos, pero no en todas las aproximaciones al cruce.

Semáforos totalmente accionados por el tránsito. Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en todos los accesos al cruce.

Semáforos adaptables al tránsito. Son aquéllos en que los intervalos de las indicaciones de los semáforos de una zona o de una arteria, varían continuamente, de acuerdo con la información recibida sobre las corrientes del tránsito. Suministrada a un control maestro por detectores aforadores localizados en puntos claves.

Funcionamiento del control semiaccionado por el tránsito. - El control semiaccionado por el tránsito es aplicable principalmente en las intersecciones de alto volumen y altas velocidades, con calzadas secundarias de escasa circulación relativa.

Los detectores se ubican sólo en los accesos secundarios. En la calle principal normalmente se tiene indicación de SIGA, la cual cambia a la calle secundaria

únicamente como resultado de la acción por medio de los vehículos y de los peatones. En algunos casos, el intervalo de SIGA en la calle secundaria es de duración fija, lo cual no es aconsejable. En sistemas más flexibles, la duración de la indicación de SIGA en la calle secundaria es proporcional a las demandas del tránsito en la misma, previéndose un límite máximo de tiempo, más allá del cual no se puede retener la indicación de SIGA en la calle secundaria aunque haya fuerte demanda de tránsito. Al expirar la fase requerida, la indicación de SIGA vuelve a la calle principal y perdura, como mínimo, durante un intervalo previamente fijado. Al expirar el intervalo, la calle secundaria queda libre para responder a la acción de tránsito en la calle secundaria. Los mecanismos de control semiaccionados por el tránsito no reciben ninguna acción del que circula en la calle principal y, por consiguiente, pueden frecuentemente otorgar el derecho de paso a la calle secundaria en los momentos más inoportunos para la circulación de la calle principal. Por lo anterior, el empleo de controles semiaccionados por el tránsito está limitado a cruces donde la circulación de las calles secundarias sea muy escasa y a intersecciones dentro de sistemas coordinados donde se puede lograr progresión general.

Funcionamiento del control totalmente accionado por el tránsito. - Los controles semiaccionados por el tránsito no registran ni cuantifican las demandas en todos los carriles de circulación, por lo que se deben seleccionar controles totalmente accionados por el tránsito para cruces donde el hecho de no tomar en cuenta todas las demandas, pueda afectar en forma importante la eficiencia de la circulación general. En los controles totalmente accionados por el tránsito, los detectores se instalan en todos los accesos del cruce y el derecho de paso se le da a una calle -

como resultado de uno o más accionamientos en esa misma calle. Cuando no hay demanda del tránsito en ninguna de las calles, la indicación de SIGA normalmente permanecerá en aquella a la que se dió por último; pero cuando una de las calles tenga más tránsito que las demás, puede resultar de mayor eficiencia revertir el derecho de paso a esa calle. En el caso de accionamiento continuo en una misma calle, el derecho de paso se cederá al tránsito que espera en la calle transversal, al expirar un lapso máximo predeterminado automáticamente regresará a la primera calle en la primera oportunidad misma que no se puede presentar sino hasta después de terminado un período mínimo con la indicación de SIGA en la calle transversal;

La duración de la indicación de SIGA para cada calle, en condiciones normales de tránsito, fluctuará entre los valores máximo y mínimo prefijados, dependiendo de los lapsos entre accionamientos. Con el tipo más común de control totalmente accionado por el tránsito, el derecho de paso, de acuerdo con los accionamientos, será cedido inmediatamente a la calle transversal si el tiempo transcurrido entre accionamientos en la calle con indicación SIGA, excede cierto valor predeterminado y si el período mínimo para dicha calle ha expirado. Por tanto, el derecho de paso cambia de calle a calle, según la frecuencia de los lapsos entre el paso de vehículos sucesivos que excedan los tiempos prefijados para cada una de las calles. Cuando haya tránsito intenso, esos lapsos son poco frecuentes y los intervalos con SIGA se extienden a los máximos; y en esas condiciones, la operación de semáforos accionados por el tránsito tiende a confundirse con la de los semáforos de tiempo fijo.

Los controles totalmente accionados por el tránsito, de cualquiera de sus tipos, se-

○ pueden emplear en operaciones de más de dos fases. Hay equipo de tres o cuatro fases y la operación de controles en esas intersecciones es similar, en principio, a la operación de dos fases. Se da la oportunidad de derecho de paso a varias fases en rotación, saltándose aquéllas para las que no existe demanda. Con controles de tres y cuatro fases es posible permitir circulaciones que no interfieran entre sí durante más de una de las fases. Por tanto, un control de tres fases puede regular cuatro o cinco circulaciones, siempre que únicamente tres de ellas -- normalmente interfieran entre sí. El accionamiento por parte de los peatones se debe prever cuando sea necesario, para tener períodos mínimos con indicaciones de SIGA de duración suficiente para los transeúntes, o para establecer intervalos para el paso de los mismos.

○ Control adaptable al tránsito. - Se puede lograr una combinación de ventajas de los sistemas de semáforos de tiempo fijo con sincronización progresiva flexible y de los semáforos accionados por el tránsito, por medio de otro sistema en el cual se usa un control maestro accionado por la circulación para supervisar a los controles locales, ya sean de tiempo fijo o accionados por el tránsito. Se instalan detectores en lugares estratégicos del sistema progresivo para suministrar al control -- maestro la información del tránsito en esos puntos. El control maestro selecciona el ciclo y los desfases predeterminados para lograr el mejor equilibrio de -- acuerdo con las intensidades de circulación que se presentan en ese tiempo. Los -- controles locales están conectados al control maestro, que los maneja en un momento dado, conforme al ciclo y desfases seleccionados por su control maestro.

○ En el sistema de control adaptable al tránsito, el cambio de una combinación de - -

tiempos a otros se efectúa rápidamente y con interferencia mínima para el tránsito que circula durante el cambio. Si los controles locales son semiaccionados por el tránsito, la duración de la fase correspondiente a la calle secundaria, dentro del ciclo seleccionado, se determina por medio de accionamientos en detectores instalados en la calle secundaria. Este sistema permite una gran flexibilidad para lograr la coordinación efectiva de circulaciones tanto en una vía como en una red de calles.

Requisitos que justifican instalar semáforos accionados por el tránsito:

- A) Volúmenes de vehículos. En las intersecciones donde el volumen del tránsito de vehículos no es suficiente para justificar la instalación de semáforos de tiempo fijo, se pueden emplear semáforos accionados por el tránsito, si hay otras condiciones que justifiquen la necesidad del semáforo y el costo de su instalación.
- B) Circulación transversal. Cuando el volumen del tránsito en la calle principal es tan intenso que restringe y provoca graves peligros a la circulación transversal de vehículos y peatones de la calle secundaria, se pueden instalar semáforos accionados por el tránsito para permitir el paso. Sin embargo, la circulación de la calle principal puede interrumpirse indebida e innecesariamente, si el tránsito en la calle secundaria es lo suficientemente intenso para demandar el derecho de paso a intervalos muy frecuentes. En esos casos puede hacerse necesario limitar los lapsos correspondientes a la indicación de siga de esta calle.

C) Volúmenes en horas de máxima intensidad. Cuando se necesiten semáforos en un cruce exclusivamente durante un tiempo breve en el día, como en las horas de máxima intensidad de circulación, se pueden instalar semáforos accionados por el tránsito, si se justifican económicamente, puesto que en otras horas no ocasionan demoras inconvenientes.

D) Circulación de peatones. Cuando únicamente se tienen los volúmenes de peatones especificados para semáforos de tiempo fijo, pueden ser preferibles los semáforos accionados por el tránsito, los que únicamente detendrán la circulación de vehículos en los momentos de paso de los peatones.

E) Peligro de accidentes. - Cuando sólo se satisface el requisito mínimo relativo a antecedentes de accidentes, especificado para semáforos de tiempo fijo, se debe tomar en consideración la posibilidad de instalar semáforos accionados por el tránsito, los cuales pueden disminuir las paradas y demoras que generalmente tienen relación con los accidentes que ocurren después de que se instalan semáforos. Pueden justificarse los semáforos accionados por el tránsito en cruces donde la estadística de accidentes es inferior a la que obliga instalar semáforos de tiempo fijo; pero se debe efectuar un análisis previo y cuidadoso para lograr resultados positivos.

F) Amplias fluctuaciones de tránsito. En los casos en que, según los requisitos para semáforos de tiempo fijo, es necesario instalar semáforos en un cruce donde los volúmenes de tránsito en las calles concurrentes varían considerablemente el control de tipo totalmente accionado por el propio tránsito,

es, por lo general, más eficaz.

G) Intersecciones complicadas. En los casos en que se justifica instalar semáforos en cruceros complicados que requieren fases múltiples de circulaciones, se debe estudiar la conveniencia de usar semáforos accionados por el tránsito. En estos casos, además de las ventajas usuales del accionamiento por la circulación, se puede eliminar una fase cuando no hay tránsito que la demande.

H) Sistemas progresivos de semáforos. Cuando los espaciamientos y otras características de un cruce dentro de un sistema progresivo de semáforos de tiempo fijo, sean tales que no se pueda lograr la sincronización progresiva, puede resultar más ventajosa el empleo de controles accionados por el tránsito.

Detectores. - Un detector, en Ingeniería de Tránsito, es cualquier dispositivo capaz de registrar y transmitir los cambios que se producen en una determinada característica del tránsito. Son numerosísimas las variables que pueden encontrarse en el mercado, a continuación se describen solamente los que han alcanzado mayor difusión:

A) Detectores de presión. Consisten, esencialmente, en una plancha de hule en cuyo interior se sitúan dos láminas metálicas, muy cerca una de la otra, estableciéndose contacto cuando pasa una carga sobre la plancha. Se coloca en la parte superior de una plataforma de concreto o metálica que se empo-

tra en el pavimento.

- B) Detectores magnéticos. Detectan la distorsión del campo magnético producida por el paso sobre ellos de una masa metálica. Están formados -- por un tubo metálico en cuyo interior hay un núcleo de hierro con una bobina conectada a un amplificador que incrementa la señal o impulso.
- C) Detectores de espira de inducción. Llamados así por estar constituidos -- por un bucle, lazo o espira metálica que se empotra en el pavimento y se conecta en un amplificador. Detecta la variación de inductancia que se produce cuando pasa un vehículo por encima de la espira.
- D) Detector de radar. Consta de un aparato emisor y otro receptor de ondas -- electromagnéticas, generalmente se suspenden sobre la vía. Su funcionamiento es como sigue:

El elemento emisor genera ondas electromagnéticas que al chocar con un vehículo refleja la onda al dispositivo receptor, detectandolos en esta forma.

Se indica a continuación las principales características, ventajas e inconvenientes de cada tipo de detector.

De presión. - Fueron los primeros en usarse. Son de construcción muy sencilla. - No requiere el uso de amplificadores y la señal que emita puede ser utilizada directamente. Quedan prácticamente anulados en el caso de heladas. No detectan el paso de vehículos que circulan a altas velocidades. Requieren una obra considerable y -- producen la inutilización de un carril mientras dure el fraguado de la base de con--

creto.

Magnéticos. - Su alcance puede regularse. (Aproximadamente hasta 7.00 m.) Requieren obra civil en el arroyo. Su campo de acción no es muy definido.

Detectores de espira de inducción. - Son muy sencillos de instalar. Pueden hacerse pruebas previas colocando la espira sobre el pavimento. El cable que forma el lazo tiene un valor casi despreciable. Pueden usarse varios lazos con el mismo amplificador. Admiten diversas formas y tamaños, pudiendo llegar a cubrir una área total hasta de 50 m². Si se desea puede detectar velocidades o la duración -- de paradas o medir colas.

Otras características importantes se presentan en la tabla siguiente:

COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE DETECTORES, DEPRESIONERAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICAS Y ULTRASONICOS.

COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS.	SENSITIVO A LA PRESION.	ESPIRA DE INDUCCION.	MAGNETICO	ULTRASONICO
Tipo de Montaje	En la superficie	Dentro del pavimento	Dentro del pavimento.	Aéreo.
Cantidad detectada	Cuenta los ejes	Presencia del vehículo	Presencia del vehículo	Presencia del vehículo
Eficiencia en el empleo	Baja	Mas alta	Mas baja	Baja
Costo de instalación	El mas alto	Alto	Bajo	Lo mas bajo
Costo de equipo	El mas alto	El mas bajo	Alto	Alto
Mantenimiento	Alto	Bajo	Bajo	El mas bajo
Tipo de circuito	Electromecánico	Estado Sólido	Estado Sólido	Estado Sólido
Dificultad en relocalización.	La mas alta	Baja	Alta	La mas baja
Operación afectada por hielo o nieve	Si	No	No	No
Precisión de detección por ocupancia.	Ninguna	Alta	Baja	Alta
Causa de la detección	Presión	Masa Metálica	Masa Metálica	Altura del vehículo

Localización de detectores.- Para los controles accionados y semiaccionados - por el tránsito la práctica aconseja el método siguiente:

- 1.- Calcular la velocidad que comprende el 85% del tránsito de acceso.
- 2.- Considerar un tiempo de viaje del grupo de vehículos, entre el detector y la línea de alto, de 3 seg.
- 3.- Aplicar la fórmula de la velocidad del movimiento uniforme $S = vt$. Donde S es la distancia recorrida por un vehículo en un tiempo (t) cuando se des^{plaza} a una velocidad constantes (v).

Por ejemplo para un grupo de vehículos que tienen una velocidad al llegar al acceso de 50 km/ hora equivalente a 3.9 m. por segundo el detector se colocará a una distancia contada de la línea de alto de: $S = 13.9 \times 3 = 41.7$ m.

- 4.- Determinar el período mínimo de verde (suma de la fracción inicial y la extensión de tiempo) de tal manera que debe ser suficiente para conseguir desalojar los vehículos que queden detenidos entre la línea de alto y el detector en el carril crítico del acceso.

En el ejemplo anterior se calcula que pueden quedar 5 vehículos detenidos que hay que desalojar con el período mínimo de verde. Entonces se obtiene de la siguiente manera:

Tiempo requerido para entrar a la intersección.

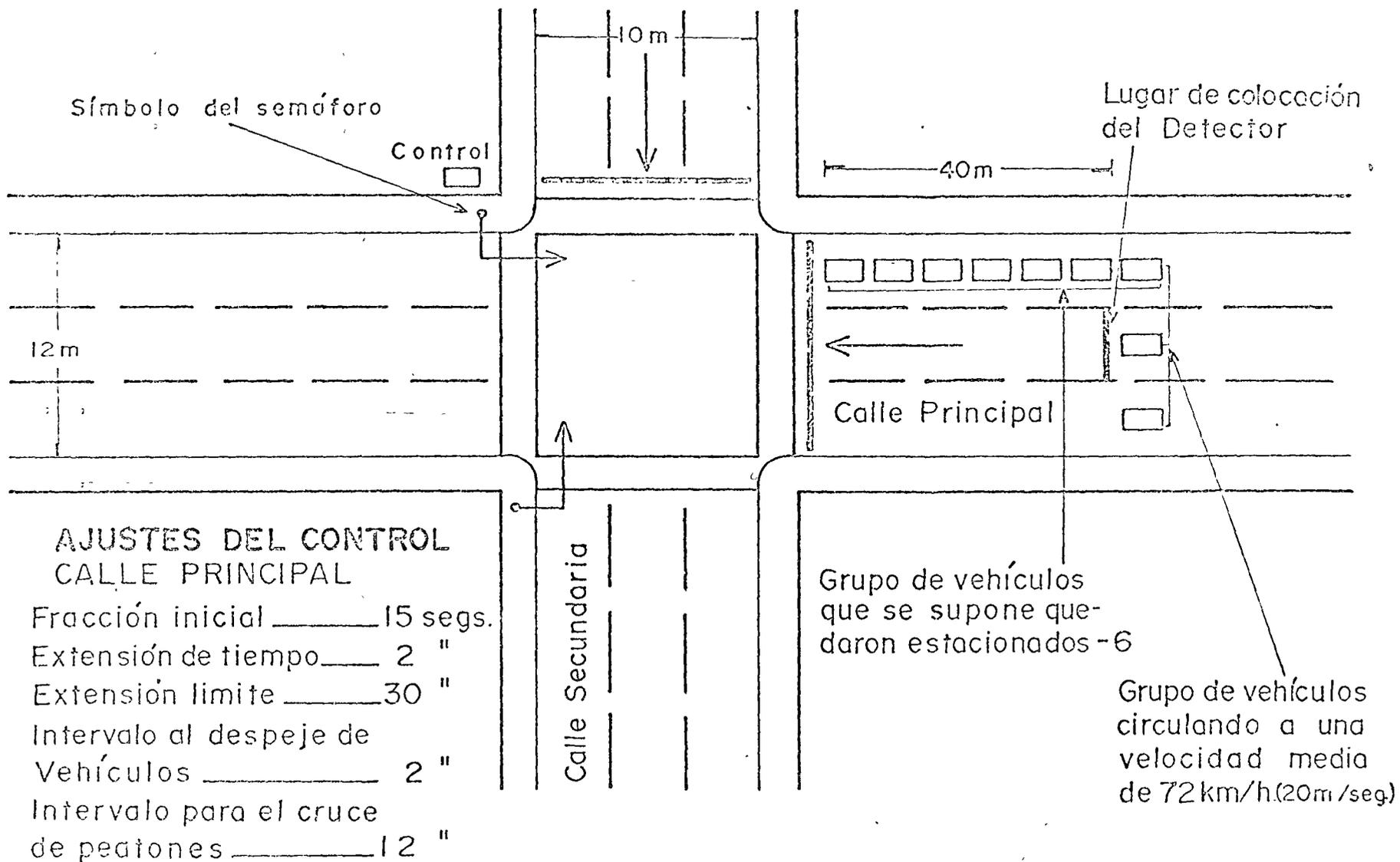
1er. Vehículo	3.8 seg.
2o. Vehículo	3.1 seg.
3er. Vehículo	2.7 seg.
4o. Vehículo	2.4 seg.
5o. Vehículo	2.2 seg.

14.2 seg.

○ Si fijamos en el cuadrante del control una extensión de tiempo de 4 segundos, -
el período mínimo de verde será de 18.2 seg. La figura siguiente ilustra otro
ejemplo de la colocación de los detectores y ajustes del control.



INTERSECCION CON SEMAFOROS ACCIONADOS POR EL TRANSITO



6. - Semáforos para peatones:

Los semáforos para peatones son los que regulan y dirigen el tránsito de éstos exclusivamente. Estos consisten de letreros iluminados de pase y alto o de figuras humanas iluminadas que indican el mismo significado.

Los semáforos de peatones se deben instalar en coordinación con los semáforos para vehículos que satisfacen uno o más de los requisitos mínimos mencionados para semáforos de tiempo fijo en los siguientes casos:

- A) Cuando el semáforo se instala en conformidad con el volumen mínimo de peatones.
- B) Cuando los peatones y vehículos circulan durante la misma fase y se necesitan intervalos para desalojar a los peatones, con objeto de reducir al mínimo las interferencias entre vehículos y ellos.
- C) Cuando un intervalo exclusivo o fase resulta favorable para que el movimiento de peatones en una o más direcciones en la intersección, deteniendo todos los movimientos de los vehículos que pueden causar conflictos.
- D) Cuando la circulación de vehículos pesados que dan vuelta, demanda una fase-semiexclusiva para protección y conveniencia de los peatones.
- E) Cuando la intersección es demasiado amplia o complicada, de tal manera que los semáforos para vehículos no servirían adecuadamente a los peatones.

F) Cuando el intervalo mínimo de siga para vehículos en intersecciones con controles accionados por el tránsito es menor que el tiempo mínimo para cruce de peatones, en estos casos se usa un aditamento o detector accionado manualmente por los peatones para prolongar su tiempo de pase.

G) Cuando los peatones cruzan parte de la calle, deteniéndose en una isleta para terminar el paso con seguridad se deberán instalar semáforos de peatones con una fase especial.

Tipo de control. - La regulación de las indicaciones de los semáforos para peatones se puede efectuar con los mismos mecanismos que normalmente se emplean en los semáforos para vehículos y se puede agregar dispositivos que permita el uso de botones para introducir la fase o indicación para peatones de acuerdo con las necesidades de los mismos.

Significado de las indicaciones. - La intrepretación de las indicaciones de los semáforos para peatones será como sigue:

A) Pase. Mientras esté iluminada la indicación de pase, los peatones que cruzan hacia el semáforo pueden cruzar la vía en la dirección del propio semáforo y los conductores de vehículos les dejarán el derecho de paso.

B) Alto. Mientras la indicación de alto esté iluminada, ya sea fijamente o en destello, ningún peatón empezará a cruzar la vía en la dirección del semáforo; para los que hayan empezado a cruzar la indicación de pase continuará hasta la acera o zona de seguridad.

C) La indicación de pase en destello, significa que hay un posible conflicto entre peatones y vehículos.

Ubicación. - Los semáforos de peatones se instalarán con la parte inferior a no menos de 2.10 m y más de 3.00 m sobre el nivel de la guarnición de tal manera que siempre haya un semáforo en la línea visual de los peatones que cruzan en cualquier sentido.

La indicación de alto irá encima de la indicación de pase, ya sea en una sección o por separado.

Los semáforos de peatones se pueden instalar aparte o en los mismos soportes de semáforos para vehículos. De ser factible, las indicaciones de los semáforos de vehículos no serán directamente visible al principio de paso de peatones, en cambio, el semáforo para éstos debe colocarse de manera que tenga la máxima visibilidad.

Los semáforos accionados por los peatones tendrán un detector de botón o tecla colocado de 1.00 m a 1.20 m sobre el nivel de la acera en cada extremo del paso de peatones o en las isletas intermedias en que pudiera quedar detenidos.

Cada detector debe acompañarse de una señal permanente que explique su objeto y manejo.

Comparación de los controles de tiempo fijo y los controles accionados por el tránsito. - Cada uno de los tipos de controles, posee ciertas ventajas de las que el otro carecen. La elección del equipo se hará después de estudiar cuidadosamente las ventajas y adaptabilidad de cada tipo y las condiciones especiales del cruce.

Ventajas de los semáforos de tiempo fijo. - En las intersecciones donde los volúmenes de tránsito tienen una variación constante, las ventajas del empleo de tiempos fijos son las siguientes:

1. - Facilita la coordinación de los semáforos adyacentes, con más precisión que en el caso de controles accionados por el tránsito, especialmente cuando es necesario coordinar los semáforos en varias intersecciones o de un sistema en cuadrícula.
2. - Los controles de tiempo fijo no dependen de la circulación de vehículos que pasan por los detectores, por lo que la operación de los controles no se afecta desfavorablemente debido a condiciones especiales que impide la circulación normal a un detector, como en el caso de vehículos detenidos o de obras en construcción dentro de la zona de influencia del detector.
3. - El control de tiempo fijo puede ser mas aceptable que el control accionado por el tránsito, en zonas donde existe tránsito de peatones intenso y constante y en las que pudiera provocar confusión del manejo de semáforos accionados manualmente por los peatones.
4. - En general el costo del equipo de tiempo fijo es menor que el del equipo accionado

por el tránsito y su conservación es más sencilla y no requiere personal altamente especializado.

Ventajas de los semáforos accionados por el tránsito. - En las intersecciones donde los volúmenes del tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular, y en los que las interrupciones de circulaciones deben ser mínimas en la dirección principal, se puede obtener mayor eficiencia, utilizando controles accionados por el tránsito. Entre las ventajas de este tipo pueden mencionarse las siguientes:

1. - Pueden resultar más eficientes en intersecciones donde las fluctuaciones del tránsito no se pueden prever y programar, en la forma requerida para los sistemas con controles de tiempo fijo.
2. - Pueden ser de mayor eficiencia en intersecciones donde uno o más circulaciones son esporádicas y de intensidad variable.
3. - Los controles accionados por el tránsito, son generalmente más eficientes en intersecciones de calles principales con calles secundarias debido que - interrumpe la circulación en la calle principal, únicamente cuando se requiere dar paso a vehículos y a peatones en la calle secundaria y restringe esas interrupciones al tiempo mínimo indispensable.
4. - Los controles accionados por el tránsito, pueden dar la máxima eficiencia en las intersecciones desfavorablemente localizadas dentro de sistemas -- progresivos, en las que las interrupciones de tránsito en la calle principal son inconvenientes y se debe mantener al mínimo su frecuencia y duración.

- 5. - Los controles accionados por el tránsito pueden proporcionar las ventajas de una operación continua sin demoras innecesarias en cruceros aislados, donde los semáforos de tiempo fijo, en ocasiones, se ponen a funcionar en operación de destello durante lapsos de escaso tránsito.

- 6. - Los controles accionados por el tránsito tienen aplicación, especialmente, en intersecciones donde la operación de semáforos solo hace falta durante períodos cortos en el día.

- 7. - Los controles accionados por el tránsito tienden a reducir riesgos al evitar paradas arbitrarias de vehículos.



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

Automobile Traffic Signal Control Systems, por Lionel M. Rodgers y Leo G. Sands. Ed. Chilton Book Company, New York.

Philadelphia and London. 1969

Ingeniería de Tráfico, por Antonio Valdéz González- Roldán

Dr. Ingeniero de Caminos. Ed. Doo sat, S.A. Madrid 1971.

Traffic Control. (Theory and Instrumentation), por Thomas R. Honton.

Ed. Plesum Press, New York. 1965.

Traffic Engineering Hand Book, publicado por: Institute of Traffic Engineers, Washington, D.C. 1965 (third edition)

Ingeniería de Tránsito, por Rafael Cal y Mayor I. C. I. T.

Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería , S.A.

Tercera edición. 1972.

Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y

Carreteras, publicado por: Secretaría de Obras Públicas, Edición 1972.

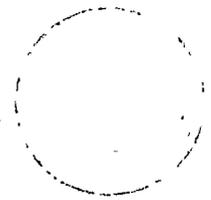
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, publicado por:

Secretaría de Obras Públicas. 1971.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

Ejemplos de señalamiento horizontal en zona urbana

ARQ. MOISES ORNELAS MARQUEZ.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes

EJEMPLOS DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN
ZONA URBANA

Arq. Moisés Ornelas Márquez

Abril, 1975

EJEMPLOS DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN ZONA URBANA

CONTENIDO:

INTRODUCCION

1.- EJEMPLOS

a) Intersecciones

b) Avenidas y calles

c) Estacionamientos

2.- METODOLOGIA DE PROYECTO

a) Intersecciones

b) Avenidas y calles

c) Estacionamientos

3.- PROYECTOS TIPO

INTRODUCCION

Debido al desmesurado aumento del número de vehículos y la --
creciente demanda de los usuarios de desplazarse con mayor rapidez dentro de
las ciudades, se ha visto la necesidad de ordenar y regular el tránsito para --
aprovechar al máximo la superficie de rodamiento disponible.

Dentro de las medidas de ordenación, el señalamiento horizontal
juega un papel de gran importancia, siendo uno de los recursos de menor costo
y de mayor efectividad con que cuenta la Ingeniería de Tránsito.

Las isletas canalizadoras, las rayas separadoras de carriles, --
los pasos de peatones, etc., son algunas de las aplicaciones que tiene el señala-
miento horizontal.

Prácticamente en todas las ciudades importantes del mundo, di--
chas marcas forman parte de los programas para mejorar la fluidez del tránsito,
reducir los índices de accidentes y orientar adecuadamente a los usuarios hacia-
sus destinos.

EJEMPLOS

A continuación se presentan copias de algunos de los proyectos --
que ha realizado la Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes -
en el Distrito Federal.

En cada uno de ellos se podrá apreciar la variedad de elementos de señalamiento horizontal que se emplean para regular y canalizar el tránsito en una calle o en una intersección.

Para la representación gráfica de estos elementos, la Oficina de Proyectos de la D.G.I.T.T. ha creado una simbología que ayuda a diferenciar las rayas o marcas, obteniéndose con esto una mayor claridad en los planos, ya de por sí complejos, por la gran cantidad de elementos que contienen.

a) Intersecciones

Ejemplo 1.- Intersección formada por la Calz. de Tlalpan, División del Norte y Calle 4. Fig. 1.

Este es un proyecto en el cual se propone una modificación a la geometría actual del lugar, con el propósito de canalizar de una manera más adecuada los elevados volúmenes de vehículos que ahí se presentan.

Obsérvese la importancia del señalamiento horizontal en este proyecto, ya que por medio de marcas sobre el pavimento se están indicando los sitios por donde pueden circular los peatones y las zonas donde los vehículos deben detenerse. Con las rayas y flechas se están indicando la existencia de dos carriles especiales para vuelta izquierda en la circulación sur-norte de la Calz. de Tlalpan; además existen marcas de canalización y de aproximación a isletas.

Nótese que se está organizando el estacionamiento a base de rayas en las zonas en que puede proporcionarse esta facilidad al público usuario.

Las zonas de cruce de dos o mas corrientes vehiculares que quedan mas expuestas al desgaste producido por el continuo paso de vehiculos es -- mejor no indicarlas, para que el deterioro general del señalamiento guarde siempre cierta uniformidad.

Ejemplo 2.- Intersección de Av. Insurgentes con Calz. San Simón. Fig. 2.

En este ejemplo se pueden apreciar situaciones semejantes a las descritas en el ejemplo anterior.

b) Avenidas y calles

Un buen ejemplo de la eficacia del señalamiento horizontal en -- avenidas y calles es el Viaducto Miguel Alemán. Fig. 3.

Esta arteria con sus características de vía rápida, anteriormente contaba con dos carriles de circulación para cada sentido; sin embargo, debido al sobre ancho de sus carriles se provocaban conflictos en la circulación, -- que se manifestaban en forma de trayectorias erráticas, rebases indebidos, triples filas de vehiculos, etc.

Después de un estudio por parte de la D.G.I.T.T. se decidió -- aprovechar la anchura disponible alojando tres carriles de 2.70 m cada uno en -- un sentido, lográndose con esto el máximo aprovechamiento de la superficie de -- rodamiento.

Obsérvese también las marcas de aproximación en las incorporaciones de la vía rápida a la lateral, las de canalización para que ambas corrientes converjan en condiciones de seguridad sin peligro de colisiones entre vehiculos.

c) Estacionamientos

Como ejemplo de señalamiento horizontal en estacionamientos, - presentamos una de las zonas destinadas para tal uso en la 3a. Sección del Bosque de Chapultepec. Fig. 4.

Se eligió este como ejemplo por sus características especiales - como son: forma irregular del terreno, posición desordenada de árboles y -- que las entradas y salidas no dan a una misma calle.

A pesar de que en este proyecto se ha respetado la configuración del terreno, se logró aprovechar el área disponible mediante una disposición -- adecuada de los cajones de estacionamiento, así como de las circulaciones.

En los lugares donde se localizó un árbol, éste no sólo se respetó sino que también se aisló, delimitándolo con una zona definida por rayas -- transversales diagonales.

Con el propósito de lograr mayor comodidad los pasillos de circu lación se proyectaron con anchuras mayores que las indicadas en las normas.

En este caso todas las circulaciones son de doble sentido excepto en las zonas de acceso o salida. En estos puntos se instalarán señales vertica-- les indicando el sentido correspondiente.

Todas las rayas son de 10 cm de ancho excepto las diagonales de las zonas restringidas, las cuales son de 20 cm con separaciones de 1 m entre -- ellas.

METODOLOGIA DE PROYECTO

a) Intersecciones

La secuencia para proyectar el señalamiento horizontal en una intersección es la siguiente:

1.- Trazar las "rayas de pasos de peatones" siguiendo las trayectorias lógicas de los movimientos de peatones, encauzándolos siempre hacia zonas de protección (banquetas, camellones, isletas, etc.).

Siempre se unirán las banquetas entre sí, dando el ancho de la mayor al paso de peatones o el mínimo de 2.00 m cuando las banquetas sean más angostas. Las dos rayas deben ser paralelas.

En intersecciones irregulares se tratará, por estética, de uniformizar hasta donde sea posible, el trazo general. Sin embargo, deberá contemplarse en primer lugar la funcionalidad de los pasos de peatones.

Todas las rayas que ligen guarniciones, deberán ser tangentes a éstas para definir claramente la trayectoria de los vehículos.

2.- Dibujar las "rayas de alto" paralelas y a 1.20 m de la de peatones, a todo el ancho del acceso. Para diferenciarlas de las de peatones, siempre se indican con línea más gruesa.

3.- Hacer la división de carriles efectivos tomando en cuenta la anchura de arroyo disponible, la composición del tránsito y la demanda de estacionamiento en la zona. El espacio para estacionamiento permitido no se limita con raya de carril.

A partir de la línea de alto se pintan las rayas de carril en forma continua y después de una longitud de 30 m se indicará discontinua pintando tramos de 2.50 m y espacios sin pintar de 5.00 m.

Las rayas continuas se rematarán haciendo coincidir sus extremos con una línea perpendicular al eje de la calle.

4.- Acotar las separaciones entre carriles para facilitar su trazo en el campo.

5.- Indicar las "marcas para regular el uso de carriles" (flechas, letras, etc.) según se requieran.

6.- Indicar las "marcas de aproximación a obstáculos", las rayas canalizadoras y las marcas sobre las guarniciones (para prohibir estacionamiento) cuando sea necesario.

b) Avenidas y calles

Para el proyecto de marcas sobre el pavimento en tramos de avenidas o calles, se sigue la siguiente secuencia:

1.- Se hace la división de carriles de acuerdo con las condiciones de operación del tránsito y de las características físicas de la vía de que se trate.

Para facilitar esta etapa del proyecto la D.G.I.T.T. ha elaborado dentro de sus normas de señalamiento horizontal, unas tablas que ayudan a determinar el ancho conveniente de los carriles en función de las características enunciadas anteriormente. Ver. Figs. 9 y 10.

Estos "Proyectos Tipo" se complementan con un anexo explicativo cuyo contenido es el siguiente:

Explicación de los proyectos tipo de marcas en el pavimento para carriles de circulación (OP-432-N (1) y OP-432-N (2)).

Estos proyectos tienen como finalidad la determinación de los anchos de carriles de circulación en que debe dividirse el ancho de un acceso de acuerdo con las condiciones del tránsito que imperen a lo largo de una calle o un tramo de ésta.

Para su mejor manejo, estos proyectos se han desarrollado en dos planos, los cuales en sus conceptos generales son semejantes por lo cual se hace a continuación la descripción de uno de ellos.

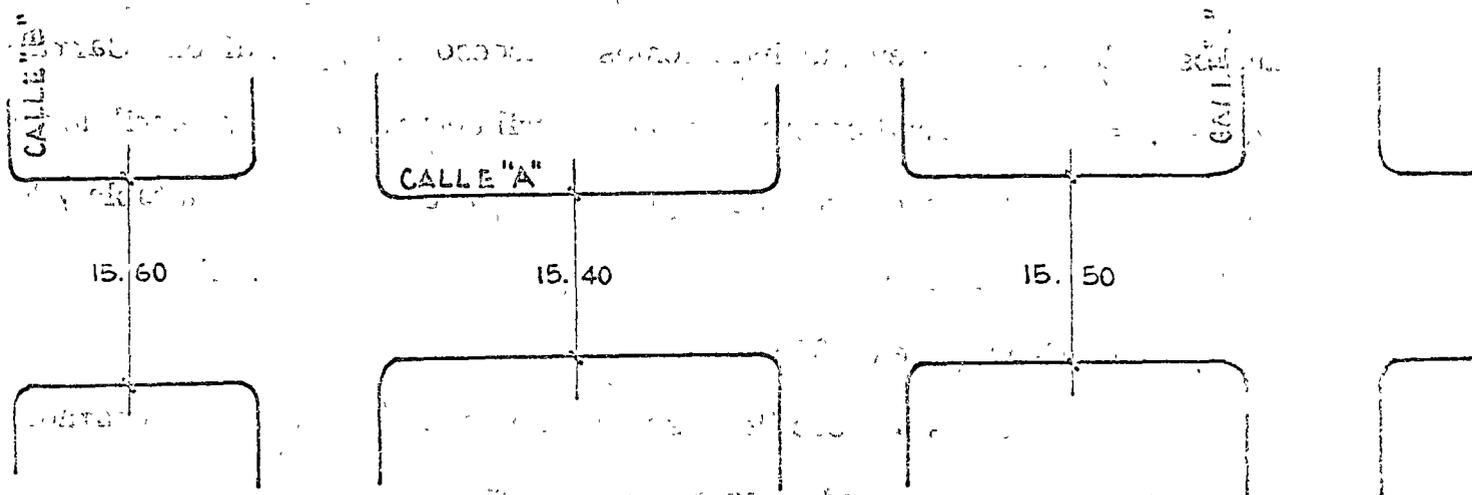
Proyecto Tipo OP-432-N (1)

Este proyecto consta de cuatro partes principales que son: "Tabla para calles con un sentido de circulación", cuadro de "notas", "Detalle de marcas en el pavimento" y "Simbología". La Tabla se ha dividido en cinco grupos de columnas denominados acceso que van de 1 hasta 5 carriles:

Cada acceso se forma por varias columnas de las cuales la primera indica el ancho del acceso (en cm.) le siguen las que se refieren a los anchos de los distintos carriles en que se debe dividir el acceso; a continuación se encuentran 4 columnas que contienen las condiciones de estacionamiento marcadas con "X", que rigen a cada ancho de acceso. Al final se lee la columna que indica "Ver Nota No." esta columna puede llevar una letra o un número, cuyo significado se busca en el cuadro de notas.

Ejemplo de aplicación.

Se tiene la calle "A" y se pretende dividirla en 4 carriles permitiendo el estacionamiento en cordón del lado izquierdo. Esta calle tiene 3 secciones diferentes en el tramo que nos interesa, como se indica en el croquis siguiente:



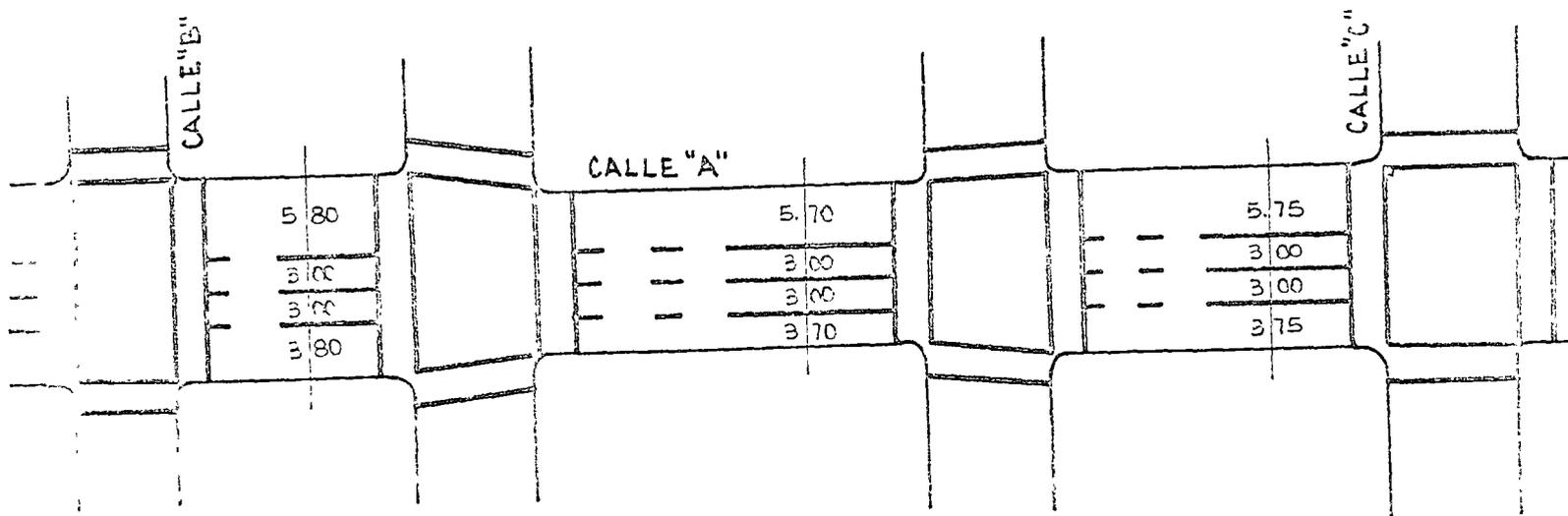
Se aplica el proyecto "OP-432-N(1)" y en su "Tabla" para calles con un sentido de circulación, se busca el acceso de 4 carriles, y con el ancho más crítico de la calle "A" (1540 cms) buscamos en la primera columna su correspondiente o su aproximación menor que es 1530 cm.

Abajo del 1530 existen varios renglones vacíos antes del 1560, éstos son alternativas del 1530 dentro de las cuales puede encontrarse una que llene las condiciones del proyecto.

A la derecha del ancho de acceso 1530 y en su grupo de alternativas, se buscan las condiciones de estacionamiento que correspondan al proyecto y se lee la nota indicada en ese mismo renglón para ver si la recomendación que indica es compatible con el proyecto.

De este modo localizamos el renglón siguiente al 1530 y en éste vemos que se prohíbe el estacionamiento del lado derecho y se permite del lado izquierdo, la nota con la letra "F" nos indica que esta división de carriles es "recomendable en los casos de prohibición de estacionamiento las 24 horas del día, del lado indicado". Con esto se procede a leer hacia la izquierda los anchos de los carriles en que dividiremos el acceso "A" y que dicen: Carril izquierdo = 570, Carril central 1=300, carril central 2=300 y carril derecho = 360. La diferencia de 10 cm que resultaron entre 1530 de la tabla y los 1540 de la calle "A" se sumará al ancho del carril extremo derecho en todos los casos quedando éste de 370.

Con esto puede llevarse a cabo la pintura de marcas separadoras de carriles como se indica en el croquis siguiente:



2.- Se indican los pasos de peatones donde se requieran, ya sea en sitios intermedios de las cuadras o en las intersecciones.

3.- Se marcan las líneas de alto cuando sean necesarias, considerando que complementan la existencia de semáforos, señal vertical de "Alto" o de "Ceda el Paso".

4.- Cuando en la trayectoria de los vehículos existan obstáculos que representen un peligro, se deberán anunciar con marcas de aproximación o rayas canalizadoras.

5.- Se indicarán las marcas para el uso de carriles (flechas, -- letreros, etc.), de acuerdo con las medidas y ubicación especificados dentro del señalamiento general.

c) Estacionamientos

El señalamiento horizontal también es importante ya que ayuda a aprovechar mejor los espacios disponibles para tal fin, además de indicar a los conductores los movimientos que pueden efectuar dentro de estas áreas en condiciones de seguridad.

Para el proyecto del señalamiento horizontal en estacionamientos se sigue el orden que se indica a continuación:

1.- Una vez obtenida la distribución conveniente de los cajones para estacionamientos y sus circulaciones correspondientes, se indican éstos acotando sus medidas tanto transversales como longitudinales. Asimismo, deberá indicarse el ángulo de los cajones con respecto a las guarniciones o cualquier otro elemento que limite el estacionamiento.

2.- Se acotan los anchos de las circulaciones.

3.- Se indican las flechas de sentidos de circulación en los puntos de decisión donde exista la posibilidad de seguir en mas de una dirección.

4.- Se indicarán las zonas en que se prohíba el estacionamiento con rayas diagonales. Si la zona de prohibición se encuentra limitada por una guarnición ésta se pintará de color amarillo.

La D.G.I.T.T. ha elaborado normas para la distribución de cajones de estacionamiento, tomando como base las características de los vehículos en circulación, así como los cambios que habrá en el futuro, en la composición de automóviles chicos, medianos y grandes. Ver. Fig. 8.

PROYECTOS TIPO

La Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes a través de su Oficina de Proyectos, ha incluido dentro de sus tareas la elaboración de "Proyectos Tipo" para aplicarlos en la solución de problemas de tránsito que continuamente se presentan con características más o menos semejantes.

Estas normas tienen como objeto facilitar y abreviar el trabajo de las personas dedicadas a la Ingeniería de Tránsito, proporcionándoles datos generales de proyecto en planos de fácil manejo, lo cual evita el trabajo de consulta en manuales o libros técnicos de la materia.

Para señalamiento horizontal se han elaborado los siguientes proyectos de los cuales se adjuntan copias.

1) Marcas sobre el pavimento para indicar los sentidos de circulación. Fig. 5.

En este proyecto se hace referencia a las flechas que se pintan -

sobre el pavimento, sus medidas y su ubicación con relación a los demás elementos de señalamiento horizontal que intervienen generalmente en un acceso.

2) Marcas de aproximación a las puntas de las fajas separadoras. Fig. 6.

Este proyecto se elaboró considerando la existencia de fajas separadoras cuyos extremos representan un peligro para los conductores. Estas marcas se complementan con la instalación de un "indicador de peligro".

Obsérvese que en esta norma se combinan las marcas con tachuelas reflejantes.

3) "Proyecto tipo de señalamiento para incorporaciones de circulaciones principales a secundarias". Fig. 7.

En esta norma se especifican las marcas que indican la preferencia de paso que tiene un vehículo que circula por una vía rápida a una con velocidad normal.

Obsérvese que también se complementa con señales verticales.

4) "Proyecto de dimensiones mínimas para cajones y pasillos en estacionamientos". Fig. 8.

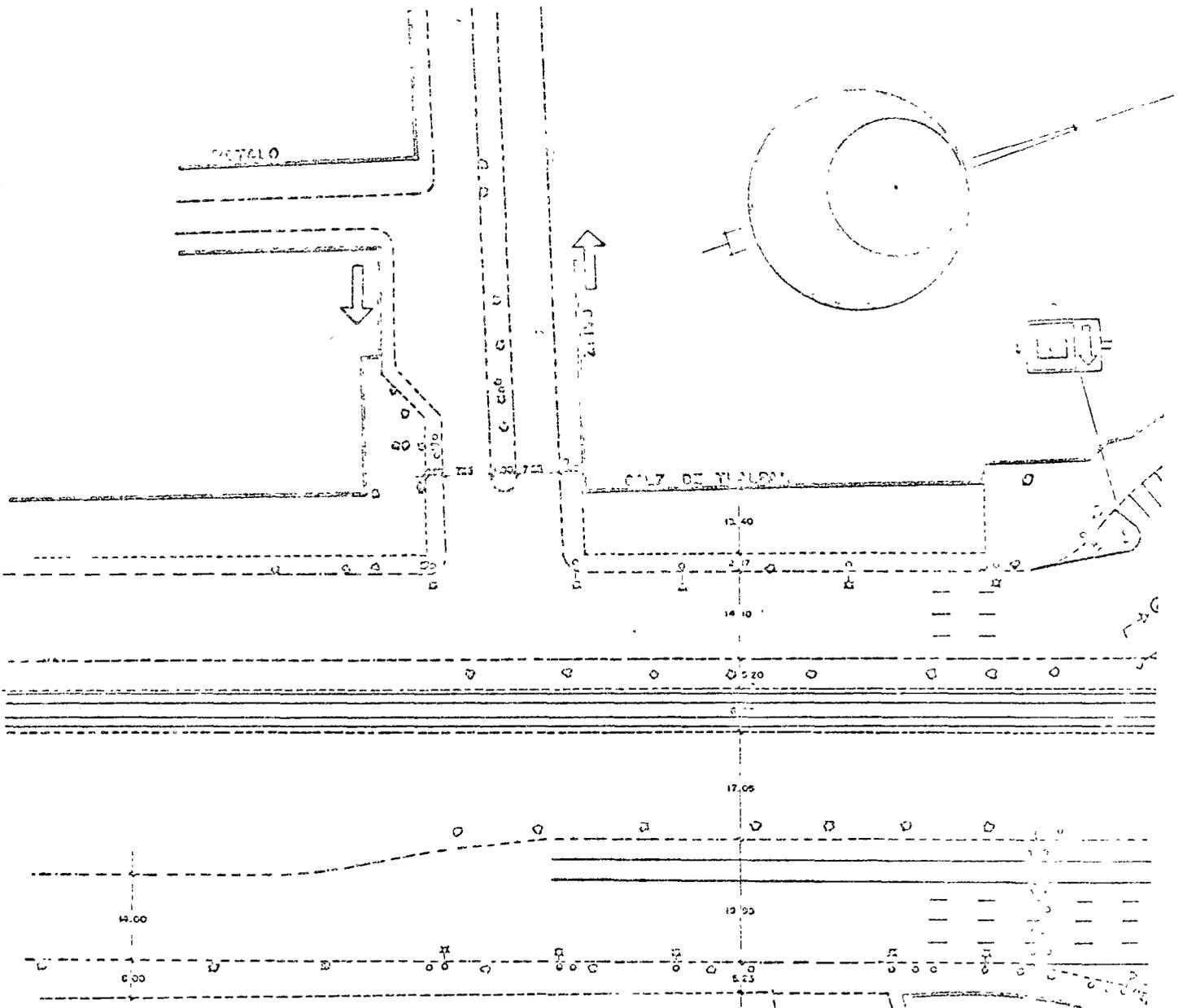
Esta norma nos sirve para proyectar la distribución de vehículos en un estacionamiento. Indica los ángulos en que pueden estacionarse, las dimensiones de los cajones, los anchos de las circulaciones, la forma como se limitan los cajones con las rayas sobre el pavimento.

5) Proyectos tipo de marcas en el pavimento en calles con uno o con doble sentido de circulación. Figs. 9 y 10.

Estos proyectos se han elaborado en dos planos los cuales se ---

acompañan de un instructivo de aplicación.

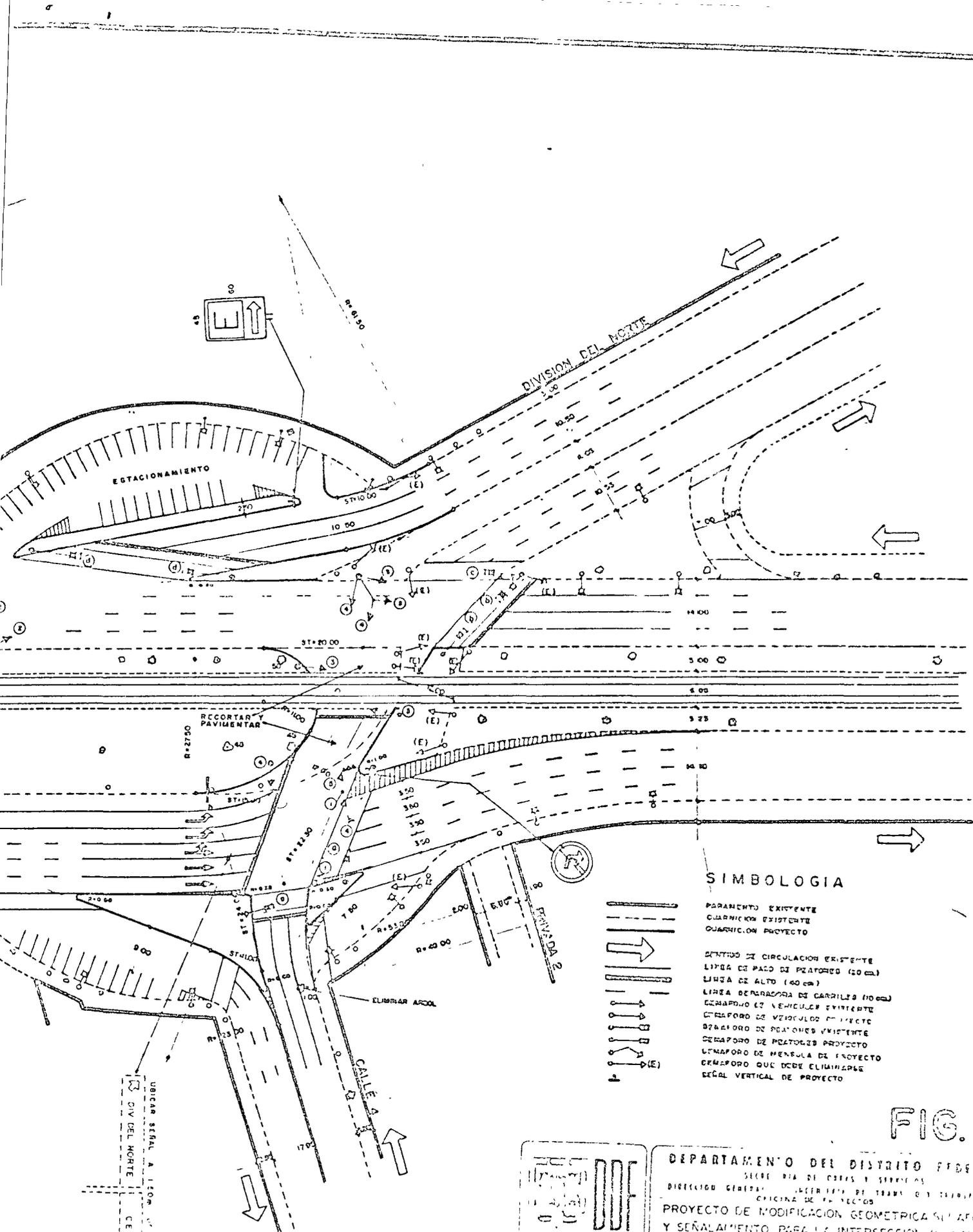
El contenido de este proyecto se menciona en el punto anterior referente a la secuencia que se sigue para proyectar señalamiento horizontal en avenidas y calles.



PROGRAMACION DE SEMAFOROS

SEMAFORO	SEMAFOROS	SEMAFOROS	SEMAFOROS
1, 2, 4, 5	V A R R R R R	V V R R R R R	V V R R R R R
b, c	R R V A R R	R R V A R R	R R V A R R
c, d, e	R R V A R R	R R V A R R	R R V A R R
c	R R V A R R	R R V A R R	R R V A R R
a, b, d	R R V A R R	R R V A R R	R R V A R R

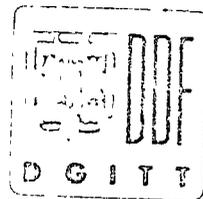
Additional details in the diagram include lane markings, traffic signal symbols, and directional arrows for the intersection.



SIMBOLOGIA

- PAVIMENTO EXISTENTE
- CURBACION EXISTENTE
- CURBACION PROYECTO
- SENTIDO DE CIRCULACION EXISTENTE
- LINEA DE PISO DE PLATAFORMA (10 cm)
- LINEA DE ALTO (40 cm)
- LINEA SEPARADORA DE CARRILES (10 cm)
- SEMAFORO DE VEHICULOS EXISTENTE
- SEMAFORO DE PEATONES EXISTENTE
- SEMAFORO DE VEHICULOS PROYECTO
- SEMAFORO DE PEATONES PROYECTO
- LINEA DE CENTRO DE PROYECTO
- SEMAFORO QUE DEBE ELIMINARSE
- SEÑAL VERTICAL DE PROYECTO

FIG. 1



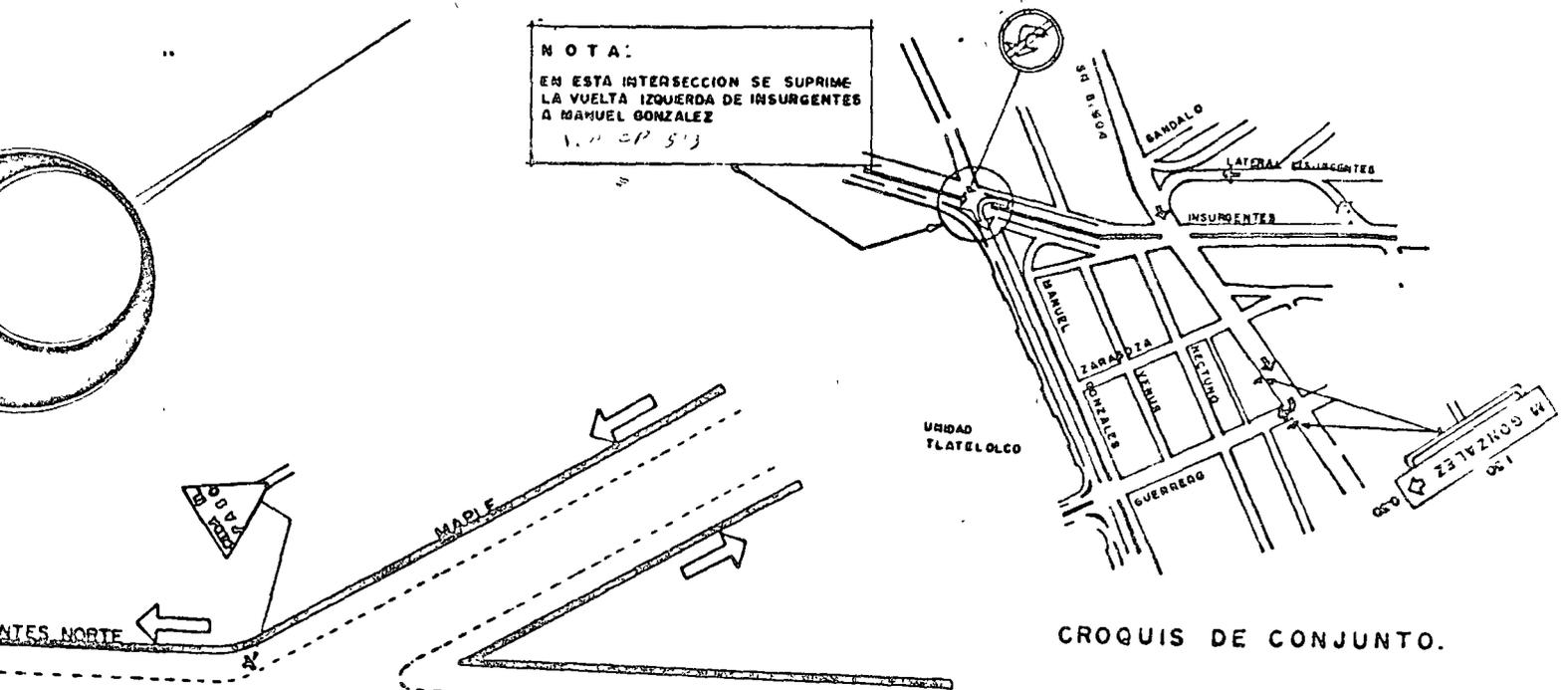
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
 SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS
 DIRECCION GENERAL DE TRABAJO Y TRANSPORTES
 OFICINA DE PROYECTOS
 PROYECTO DE MODIFICACION GEOMETRICA SEMAFOROS
 Y SEÑALAMIENTO PARA LA INTERSECCION DE CALZ DE
 TLALPAN, DIVISION DEL NORTE Y CALLE CUATRO

FECHA: 10/07/74
 ESCALA: 1:500
 N.º: OP-458-GS

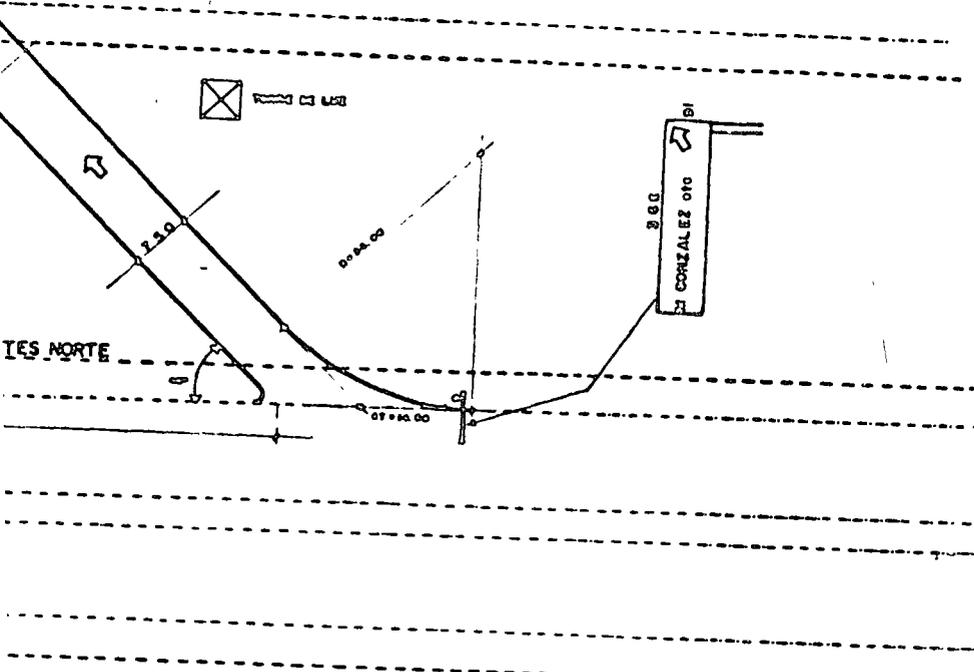
PROYECTO A C U B A
 DIBUJO A C U B A
 REVIDO ING. PENELOPE F. FLORES U...
 REVIDO EL JEFE DE LA OFICINA
 ING. ENRIQUE FALCÓN M...
 APROBO EL INGENIERO GENERAL
 ING. RAFAEL CALZ...

UBICAR SEÑAL A 1.50m. DE CURBACION
 DIV DEL NORTE
 CENTRO

NOTA:
 EN ESTA INTERSECCION SE SUPRIME
 LA VUELTA IZQUIERDA DE INSURGENTES
 A MANUEL GONZALEZ
 V. 1. 1. 513



CROQUIS DE CONJUNTO.



SIMBOLOGIA

- PARAMENTO GUARNICION DE PROYECTO
- GUARNICION EXISTENTE
- LINEA DE PASO DE PEATONES
- LINEA DE ALTO
- SEMAFORO EXISTENTE
- SEMAFORO DE PEATONES EXISTENTE
- SEMAFORO DE MENSULA EXISTENTE
- ARBOTANTE
- PALMERA
- SEÑALAMIENTO VERTICAL EXISTENTE
- SEÑALAMIENTO VERTICAL PROYECTO
- POSTE
- SEÑAL VERTICAL EXISTENTE
- SEÑAL VERTICAL PROYECTO

RAMACION DE SEMAFOROS										HORARIO N° 1					HORARIO N° 2				
SEMAFOROS	INTERVALOS									SEMAFOROS					SEMAFOROS				
1, 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
VARR	VARR	VARR	VARR	VARR	VARR	VARR	VARR	VARR	VARR	05-52	05-52	05-52	05-52	05-52	05-52	05-52	05-52	05-52	05-52
0, 4, D	V V R R	V V R R	V V R R	V V R R	V V R R	V V R R	V V R R	V V R R	V V R R	05-58	05-58	05-58	05-58	05-58	05-58	05-58	05-58	05-58	05-58
3	RRVA	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20								
0, 4	R, R, V, V	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20	25-20								

FIG. 2

D G I T T

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
 SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS
 DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA DE TRANSITO Y TRANSPORTES
 OFICINA DE PROYECTOS

PROYECTO DE MODIFICACION GEOMETRICA SEMAFOROS
 Y SEÑALAMIENTO PARA LA ZONA DE INSURGENTES
 NORTE, SN SIMON, SANDALO Y MAPLE

FECHA: DIC-74
 NUM: OP-313-GS

PROYECTO: A C U S A
 DIBUJO: A C U S A
 REVISOR: ING ERNESTO FLORES U

REVISOR: EL JEFE DE LA OFICINA
 ING ENRIQUE SALCEDO M
 APROBO: EL DIRECTOR GENERAL
 ING RAFAEL LAL Y MAYOR

VIADUCTO MIGUEL ALEMAN

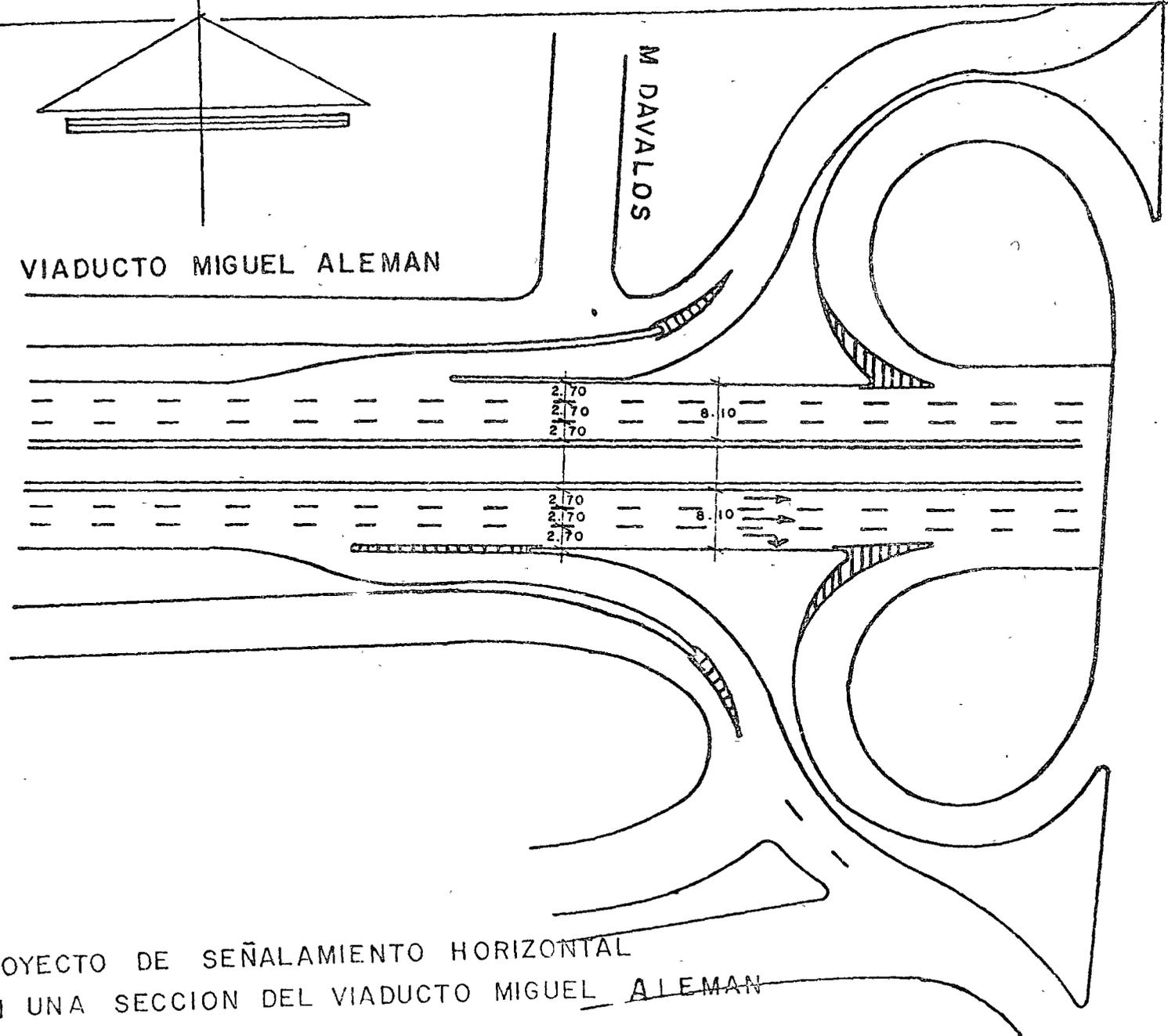
M DAVALOS

CALZ. DE TLAPAN

2.70
2.70
2.70
8.10
2.70
2.70
2.70
8.10

PROYECTO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL
EN UNA SECCION DEL VIADUCTO MIGUEL ALEMAN

FIG. 3



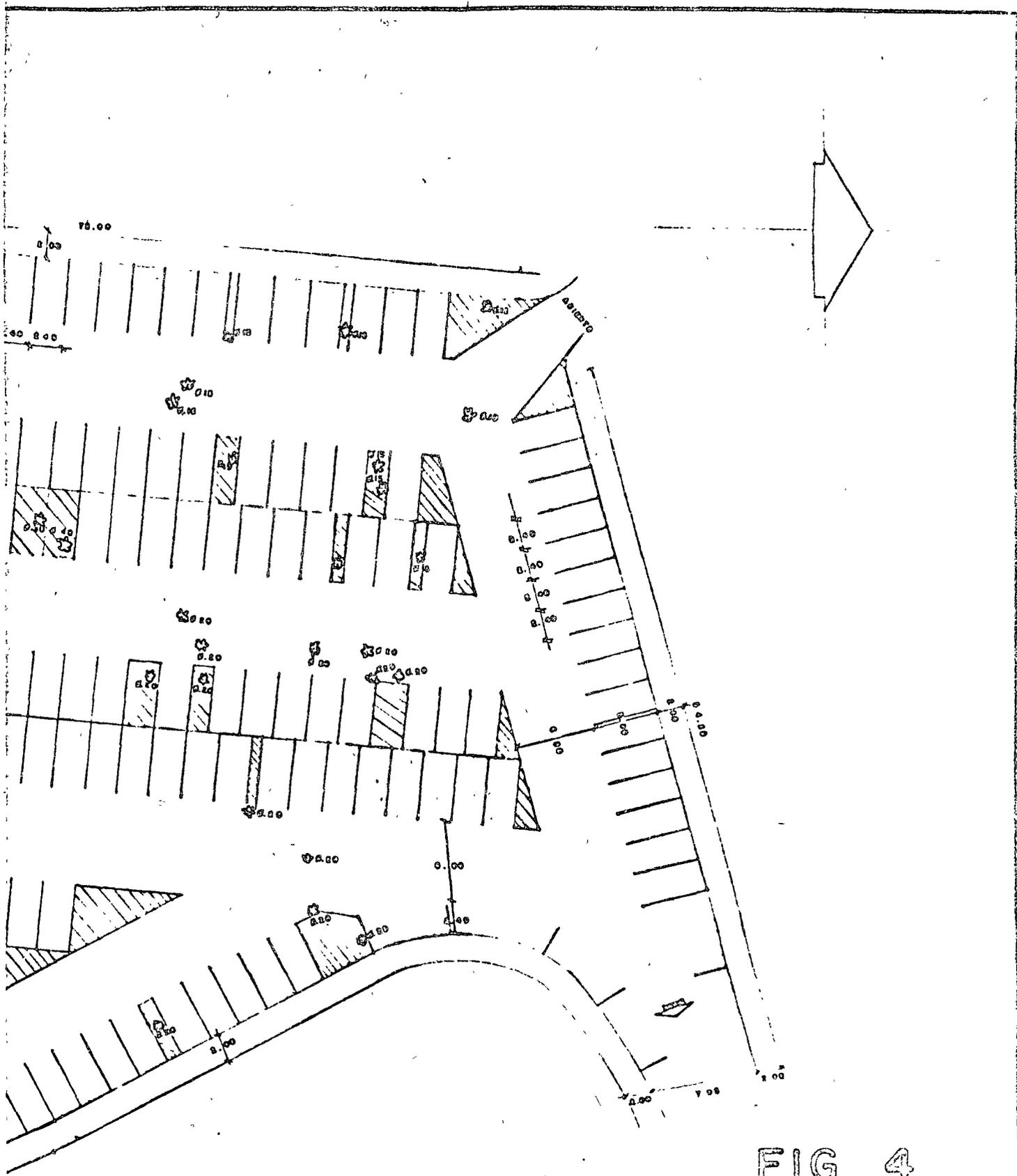
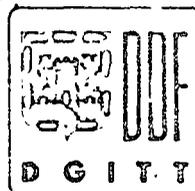


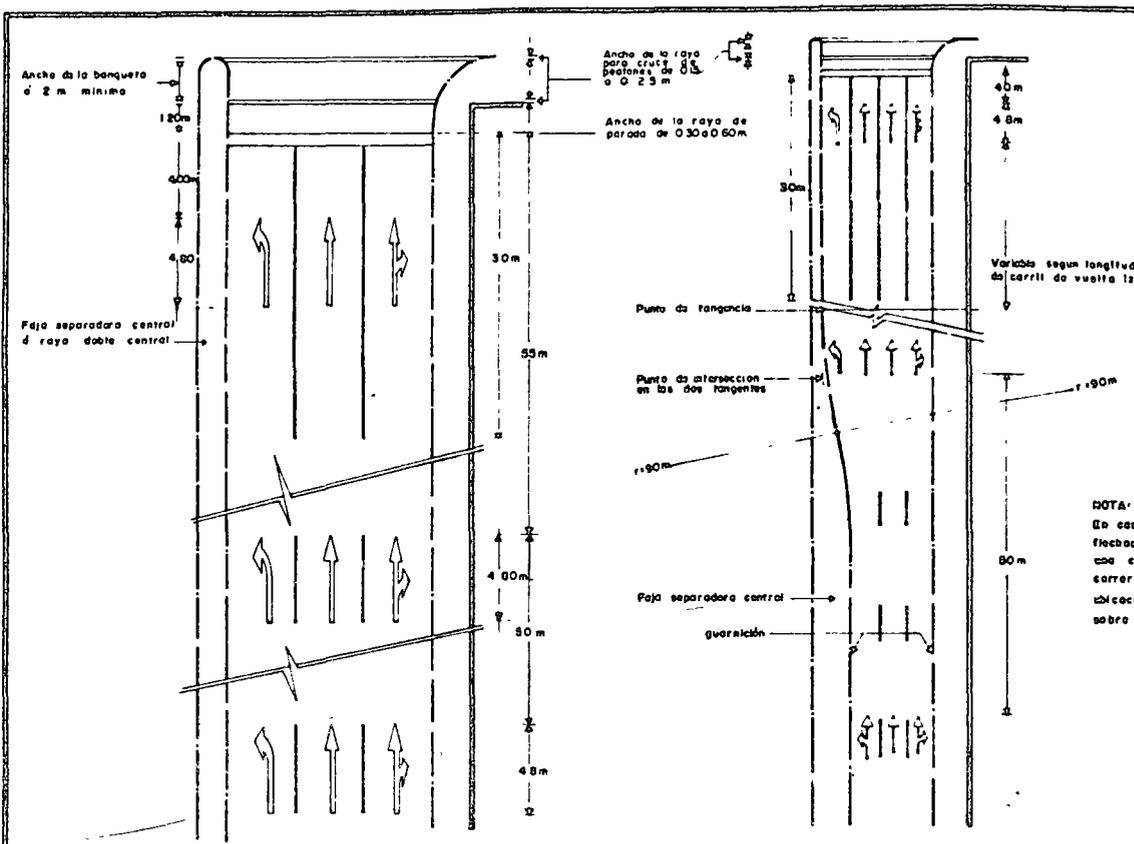
FIG. 4



DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
 SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTES
 OFICINA DE PROYECTOS Y ANÁLISIS
 ESTACIONAMIENTO NUMERO CINCO
 III SECCION DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC
 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

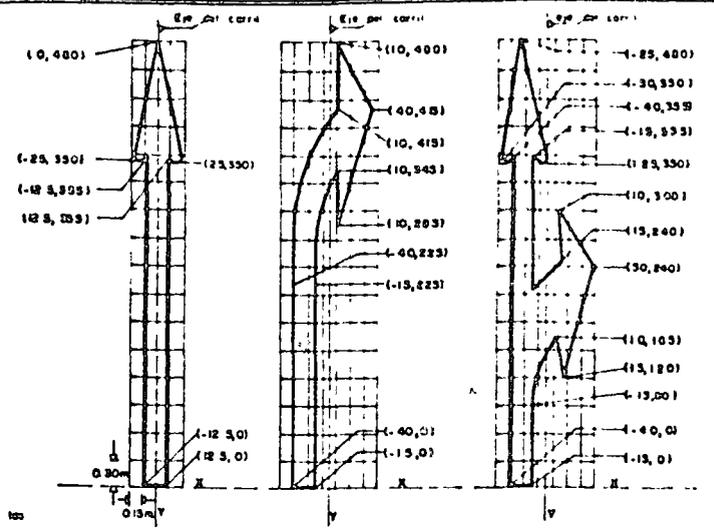
FECHA: 1-8-74
 NUM: OP-543-S(5)

PROYECTO: OFICINA DE PROYECTOS
 DISEÑO: C. VARELA V.
 REVISOR: DR. HUGO GONZALEZ
 APROBADO: DIRECTOR GENERAL
 ING. RAFAEL CAL Y MONTE



CALLES SIN CARRIL ESPECIAL DE VUELTA IZQUIERDA

CALLES CON CARRIL ESPECIAL DE VUELTA IZQUIERDA



TRAZO DE FLECHAS MEDIANTE COORDENADAS

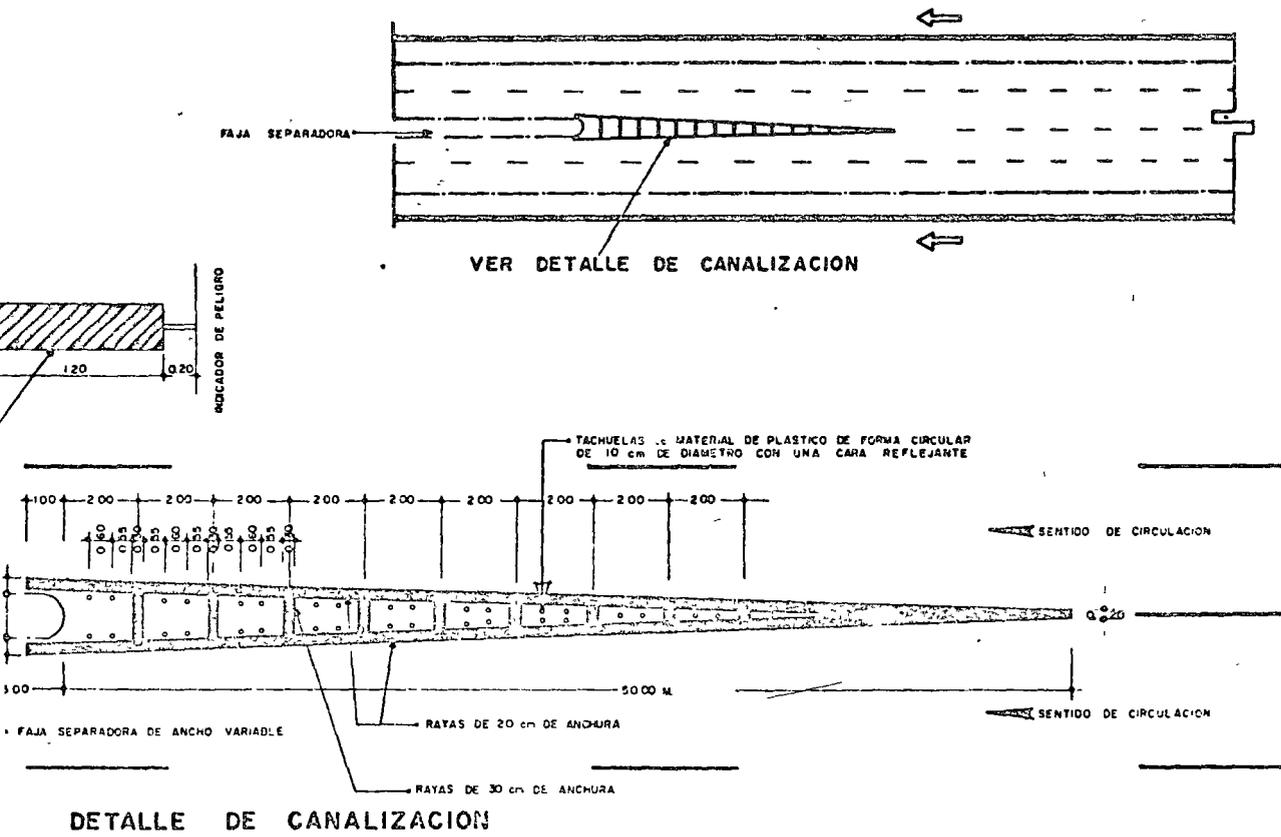
NOTA:
En caso de que la ubicacion de las flechas coincida con el cruce de una calle transversal, habra que correr atrás o adelante dichas ubicaciones para que no quede sobre el paso de los vehiculos

ESTE PROYECTO ANULA EL PROYECTO 15A-N(1,2,3,4,8)

	DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA DE TRANSITO Y TRANSPORTES OFICINA DE PROYECTOS	
	MARCAS SOBRE EL PAVIMENTO PARA INDICAR LOS SENTIDOS DE LA CIRCULACION	
FECHA: FEB 1972 NUM: OP-440-N	S.S.C. S/E	PROYECTO: ING ERNESTO FLORES U DIBUJO: A C U G A REVISO: ING ERNESTO FLORES U
		REVISO: JEFE DE LA OFICINA ING ENRIQUE DALCADO MARTINEZ APROBO: EL DIRECTOR GENERAL ING DONALD CAL Y MAYOR

OP-440-N

FIG. 5



S I M B O L O G I A

- PARAMENTO
- GUARNICION
- - - RAYAS DE DIVISION DE CARRILES
- LINEA AUXILIAR

NOTA: LA LONGITUD DE 50m PODRA REDUCIRSE HASTA 30m CUANDO LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL TERRENO LO PERMITA

ESTE PROYECTO ANULA EL PROYECTO OP-199-N



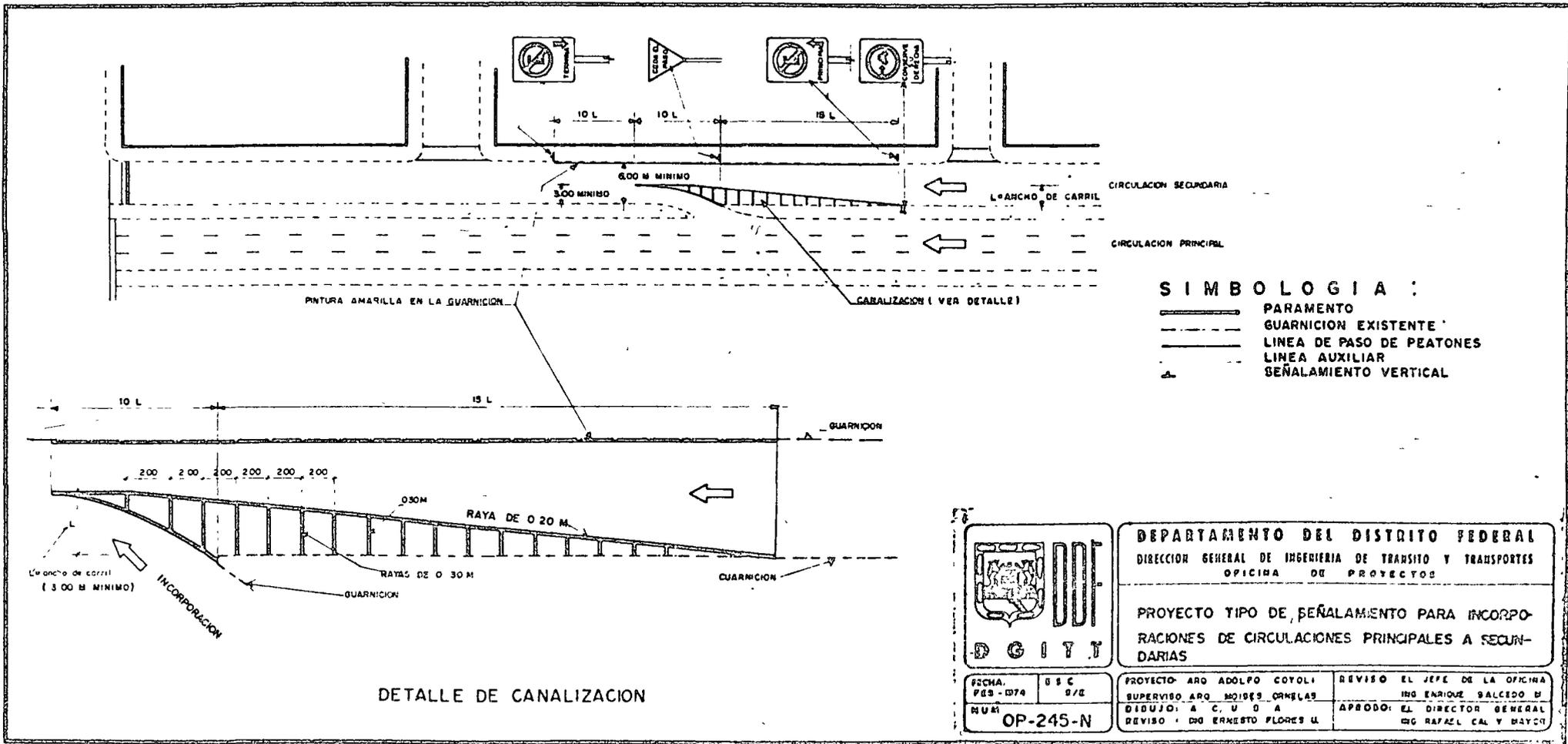
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA DE TRANSITO Y TRANSPORTES
OFICINA DE PROYECTOS

MARCAS DE APROXIMACION A LAS PUNTA DE LAS FAJAS SEPARADORAS

FECHA: FEB 1974
 ESC: S/E
 NUM: OP-433-N

PROYECTO ING. ENRIQUE SALCEDO S
 REVISO EL JEFE DE LA OFICINA: ING. ENRIQUE SALCEDO
 DIBUJO A C U S A
 APROBO: EL DIRECTOR GENERAL: ING. RAFAEL CAL Y ALI
 REVISO: ING. ERNESTO FLORES U

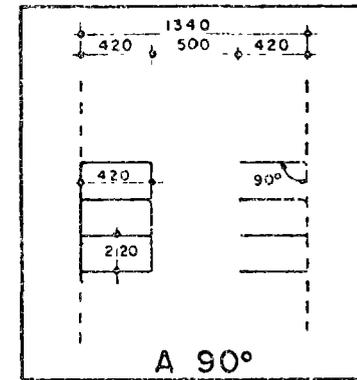
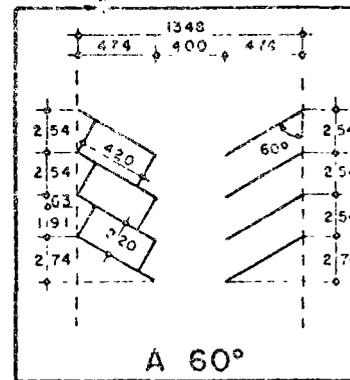
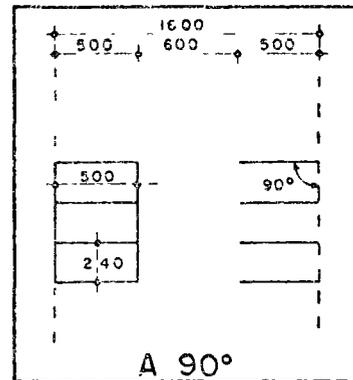
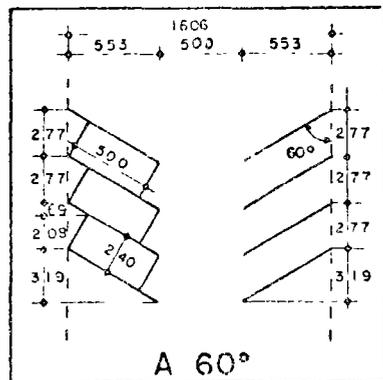
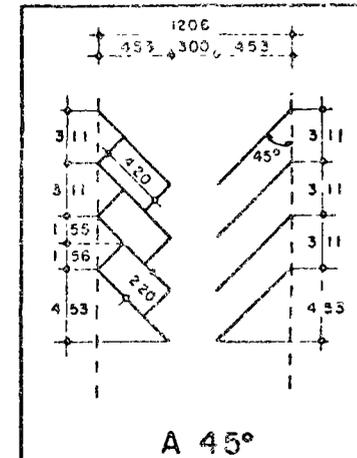
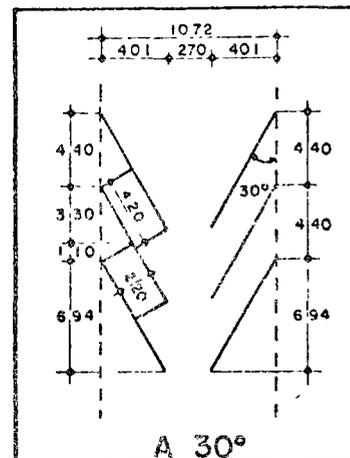
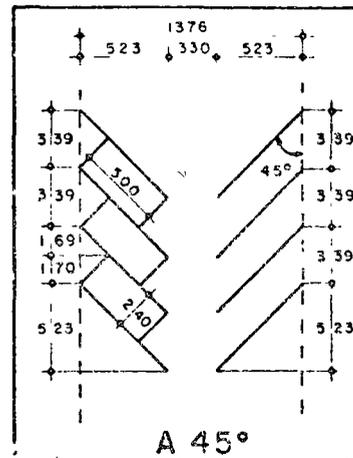
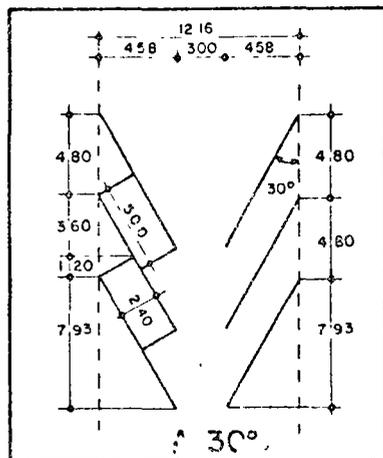
FIG. 6



		DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA DE TRANSITO Y TRANSPORTES OFICINA DE PROYECTOS	
		PROYECTO TIPO DE SEÑALAMIENTO PARA INCORPORACIONES DE CIRCULACIONES PRINCIPALES A SECUNDARIAS	
FECHA: FEB - 1974	DISEÑADO POR: D/E	PROYECTO ARO ADOLFO COTOLI SUPERVISADO POR MOISES ORNELAS DIBUJADO POR A. C. U. D. A. REVISADO POR DR. ERNESTO FLORES U.	REVISADO POR EL JEFE DE LA OFICINA: ING. ENRIQUE SALCEDO M. APROBADO POR EL DIRECTOR GENERAL: ING. RAFAEL CAL Y MAYCÚ
NUM. OP-245-N			

OP-245-N

FIG. 7



COTAS EN CENTIMETROS

AUTOMOVILES GRANDES Y MEDIANOS

NOTAS

- 1- EN ESTACIONAMIENTOS ATENDIDOS POR CHOFERES ACOMODADORES, SE PODRAN REDUCIR LOS PASILLOS DE CIRCULACION 100 CM COMO MAXIMO PARA LA DISTRIBUCION DE CAJONES EN ANGULO A 90°
- 2- LAS RAYAS EN EL PAVIMENTO DEBERAN SER DE COLOR BLANCO Y 10 CM DE ANCHURA
- 3- EN ESTACIONAMIENTOS CON MEZCLA DE AUTOMOVILES GRANDES, MEDIANOS Y CHICOS, SE DEBERA APLICAR LA DISTRIBUCION DE CAJONES CORRESPONDIENTES A AUTOMOVILES GRANDES Y MEDIANOS

AUTOMOVILES CHICOS

FIG. 8

PROYECTO DE DIMENSIONES MINIMAS PARA CAJONES Y PASILLOS EN ESTACIONAMIENTOS

OFICINA DE PROYECTOS
OFICINA DE ESTACIONAMIENTOS

18-1 1974

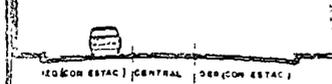
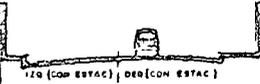
OP-413-N

TABLA PARA CALLES CON UN

ACCESO DE 1 CARRIL

ACCESO DE 2 CARRILES

ACCESO DE 3 CARRILES



ACCESO DE 1 CARRIL					ACCESO DE 2 CARRILES					ACCESO DE 3 CARRILES					
ANCHO DE ACCESO (CM)	ANCHO DE CARRIL (CM)	ESTACIONAMIENTO				VER	NOTA	ANCHO DE ACCESO (CM)	ANCHO DE CARRIL (CM)	ESTACIONAMIENTO				VER	NOTA
		LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO	PROHIBIDO	PERMITIDO					LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO	PROHIBIDO	PERMITIDO		
270	270	X	X			I		540	270	270	X	X			I
300	300	X	X			I		570	270	300	X	X			I
330	330	X	X			I		600	270	330	X	X			I
360	360	X	X			I		630	300	300	X	X			I
390	390	X	X			I		660	300	330	X	X			I
420	420	X	X			I		690	300	360	X	X			I
450	450	X	X			I		720	300	390	X	X			I
480	480	X	X			I		750	300	420	X	X			I
510	510	X	X			I		780	300	450	X	X			I
540	540	X	X			I		810	300	480	X	X			I
570	570	X	X			I		840	300	510	X	X			I
600	600	X	X			I		870	300	540	X	X			I
630	630	X	X			I		900	300	570	X	X			I
660	660	X	X			I		930	300	600	X	X			I
690	690	X	X			I		960	300	630	X	X			I
720	720	X	X			I		990	300	660	X	X			I
750	750	X	X			I		1020	300	690	X	X			I
780	780	X	X			I		1050	300	720	X	X			I
810	810	X	X			I		1080	300	750	X	X			I
840	840	X	X			I		1110	300	780	X	X			I
870	870	X	X			I		1140	300	810	X	X			I
900	900	X	X			I		1170	300	840	X	X			I
930	930	X	X			I		1200	300	870	X	X			I
960	960	X	X			I		1230	300	900	X	X			I
990	990	X	X			I		1260	300	930	X	X			I
1020	1020	X	X			I		1290	300	960	X	X			I
1050	1050	X	X			I		1320	300	990	X	X			I
								1350	300	1020	X	X			I
								1380	300	1050	X	X			I
								1410	300	1080	X	X			I
								1440	300	1110	X	X			I
								1470	300	1140	X	X			I
								1500	300	1170	X	X			I
								1530	300	1200	X	X			I
								1560	300	1230	X	X			I
								1590	300	1260	X	X			I

SENTIDO DE CIRCULACION

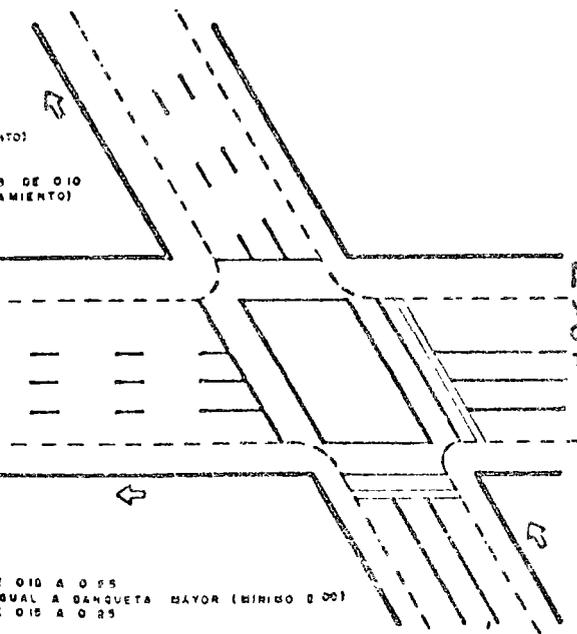
ACCESO DE 4 CARRILES

ACCESO DE 5 CARRILES



ACCESO DE 4 CARRILES										ACCESO DE 5 CARRILES									
ANCHO DE ACCESO		ANCHO DE CARRILES		ESTACIONAMIENTO		VER	ANCHO DE ACCESO		ANCHO DE CARRILES		ESTACIONAMIENTO		VER						
GOBIERNO	ESTADO	DERECHO	IZQUIERDA	DERECHO	IZQUIERDA	NOTA	GOBIERNO	ESTADO	DERECHO	IZQUIERDA	DERECHO	IZQUIERDA	NOTA						
1080	270	270	270				1080	270	270	270	270	270							
1110	270	270	270				1110	270	270	270	270	270							
1140	270	270	270				1140	270	270	270	270	270							
1170	300	270	270				1170	300	270	270	270	270							
1200	300	270	270				1200	300	270	270	270	270							
1230	300	300	300				1230	300	300	300	300	300							
1260	300	300	300				1260	300	300	300	300	300							
1290	300	300	300				1290	300	300	300	300	300							
1320	300	300	300				1320	300	300	300	300	300							
1350	300	300	300				1350	300	300	300	300	300							
1380	300	300	300				1380	300	300	300	300	300							
1410	300	300	300				1410	300	300	300	300	300							
1440	300	300	300				1440	300	300	300	300	300							
1470	300	300	300				1470	300	300	300	300	300							
1500	300	300	300				1500	300	300	300	300	300							
1530	300	300	300				1530	300	300	300	300	300							
1560	300	300	300				1560	300	300	300	300	300							
1590	300	300	300				1590	300	300	300	300	300							
1620	300	300	300				1620	300	300	300	300	300							
1650	300	300	300				1650	300	300	300	300	300							
1680	300	300	300				1680	300	300	300	300	300							
1710	300	300	300				1710	300	300	300	300	300							
1740	300	300	300				1740	300	300	300	300	300							
1770	300	300	300				1770	300	300	300	300	300							
1800	300	300	300				1800	300	300	300	300	300							
1830	300	300	300				1830	300	300	300	300	300							
1860	300	300	300				1860	300	300	300	300	300							
1890	300	300	300				1890	300	300	300	300	300							
1920	300	300	300				1920	300	300	300	300	300							
1950	300	300	300				1950	300	300	300	300	300							
1980	300	300	300				1980	300	300	300	300	300							
2010	300	300	300				2010	300	300	300	300	300							
2040	300	300	300				2040	300	300	300	300	300							
2070	300	300	300				2070	300	300	300	300	300							
2100	300	300	300				2100	300	300	300	300	300							
2130	300	300	300				2130	300	300	300	300	300							
2160	300	300	300				2160	300	300	300	300	300							
2190	300	300	300				2190	300	300	300	300	300							
2220	300	300	300				2220	300	300	300	300	300							
2250	300	300	300				2250	300	300	300	300	300							
2280	300	300	300				2280	300	300	300	300	300							
2310	300	300	300				2310	300	300	300	300	300							

FIG. 9



SIMBOLOGIA

- PARAMENTO
- GUARNICION
- MARCAS EN EL PAVIMENTO
- LINEA AUXILIAR COTAS
- CIRCULACION

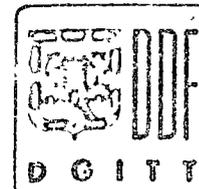
NOTA:
 VER INSTRUCTIVO OP-432-N(3) PARA PROCEDIMIENTO DE APLICACION DE ESTAS TABLAS

010 A 0 05
 011 A 0 05
 012 A 0 05

NOTA ACOTACION EN METROS

MARCAS EN EL PAVIMENTO

NOTAS	
1.	NO RECOMENDABLE PARA CIRCULACION DE AUTOMOVILES Y/O CAMIONES DE CARGA GRANDES
2.	RECOMENDABLE UNICAMENTE PARA CIRCULACION DE AUTOBUSES Y/O CAMIONES DE CARGA GRANDES
3.	RECOMENDABLE UNICAMENTE PARA VIAS RAPIDAS
4.	RECOMENDABLE UNICAMENTE PARA PODER PERMITIR EL ESTACIONAMIENTO EN EL LADO INDICADO
5.	RECOMENDABLE UNICAMENTE PARA PODER CONTAR CON EL NUMERO DE CARRILES INDICADO CON CIRCULACION DE AUTOBUSES Y/O CAMIONES DE CARGA GRANDES
6.	RECOMENDABLE EN LOS CASOS DE PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO LAS 24 HORAS DEL DIA EN AMBOS LADOS
7.	RECOMENDABLE EN LOS CASOS DE PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO UNICAMENTE A CIERTAS HORAS DEL DIA EN AMBOS LADOS
8.	RECOMENDABLE EN LOS CASOS DE PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO LAS 24 HORAS DEL DIA EN EL LADO DERECHO Y UNICAMENTE A CIERTAS HORAS DEL DIA EN EL LADO IZQUIERDO
9.	RECOMENDABLE EN LOS CASOS DE PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO LAS 24 HORAS DEL DIA EN EL LADO IZQUIERDO Y UNICAMENTE A CIERTAS HORAS DEL DIA EN EL LADO DERECHO
10.	RECOMENDABLE EN LOS CASOS DE PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO LAS 24 HORAS DEL DIA EN EL LADO DERECHO Y UNICAMENTE A CIERTAS HORAS DEL DIA EN EL LADO IZQUIERDO
11.	RECOMENDABLE EN LOS CASOS DE PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO UNICAMENTE A CIERTAS HORAS DEL DIA EN EL LADO INDICADO



DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
 DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA DE TRAFICO Y TRANSPORTES
 OFICINA DE PROYECTOS

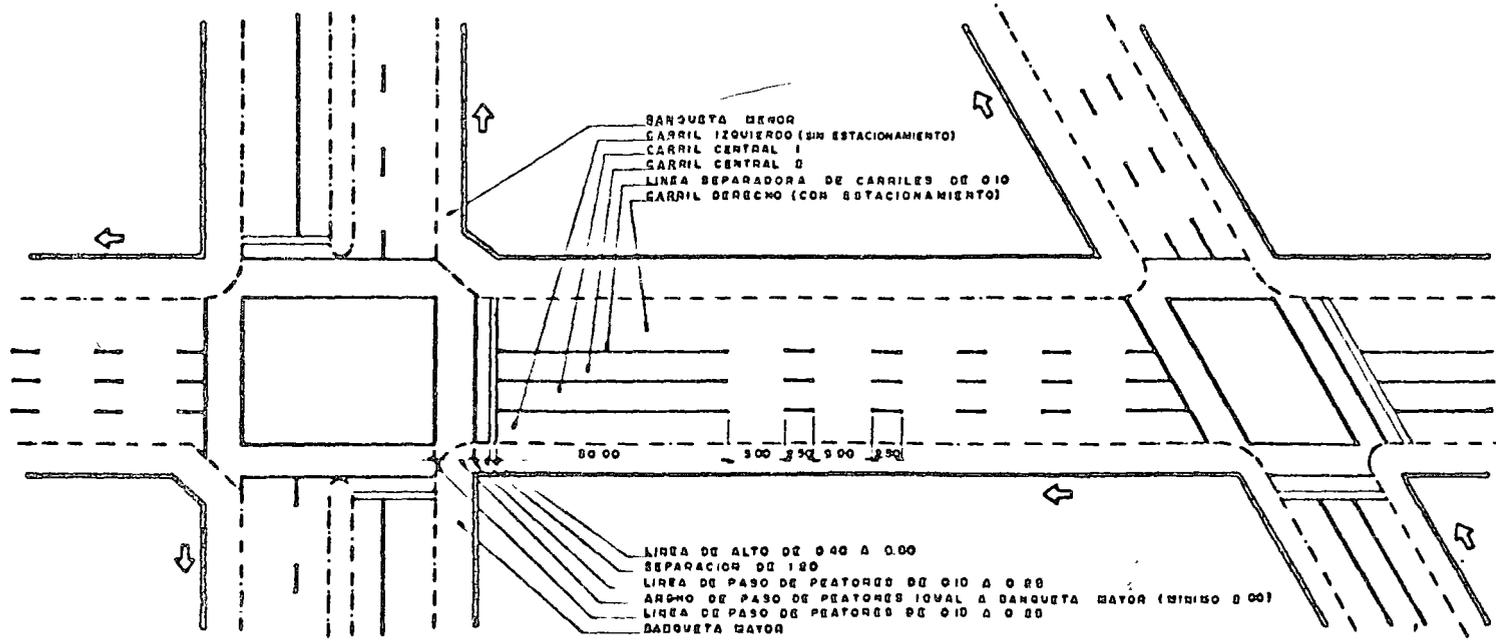
PROYECTO TIPO DE MARCAS EN EL PAVIMENTO EN CALLES CON UN SENTIDO DE CIRCULACION.

FECHA: 1954
 VUELTA: 100
 N.º: OP-432-N(I)

PROYECTO: 149 EF FLORES V
 DISEÑO: A. C. U. B. A.
 REVISOR: N. EF FLORES U.

REVISOR: EL C. JEFE DE LA OFICINA
 ING. ENRIQUE SALCEDO U.
 APROBADO: EL C. DIRECTOR GENERAL
 ING. RAFAEL CAL Y MAYA

OP-432-N(I)



SIMBOLOGIA

- PARAMENTO
- - - GUARNICION
- MARCAS EN EL PAVIMENTO
- LINEA AUXILIAR COTA
- CIRCULACION

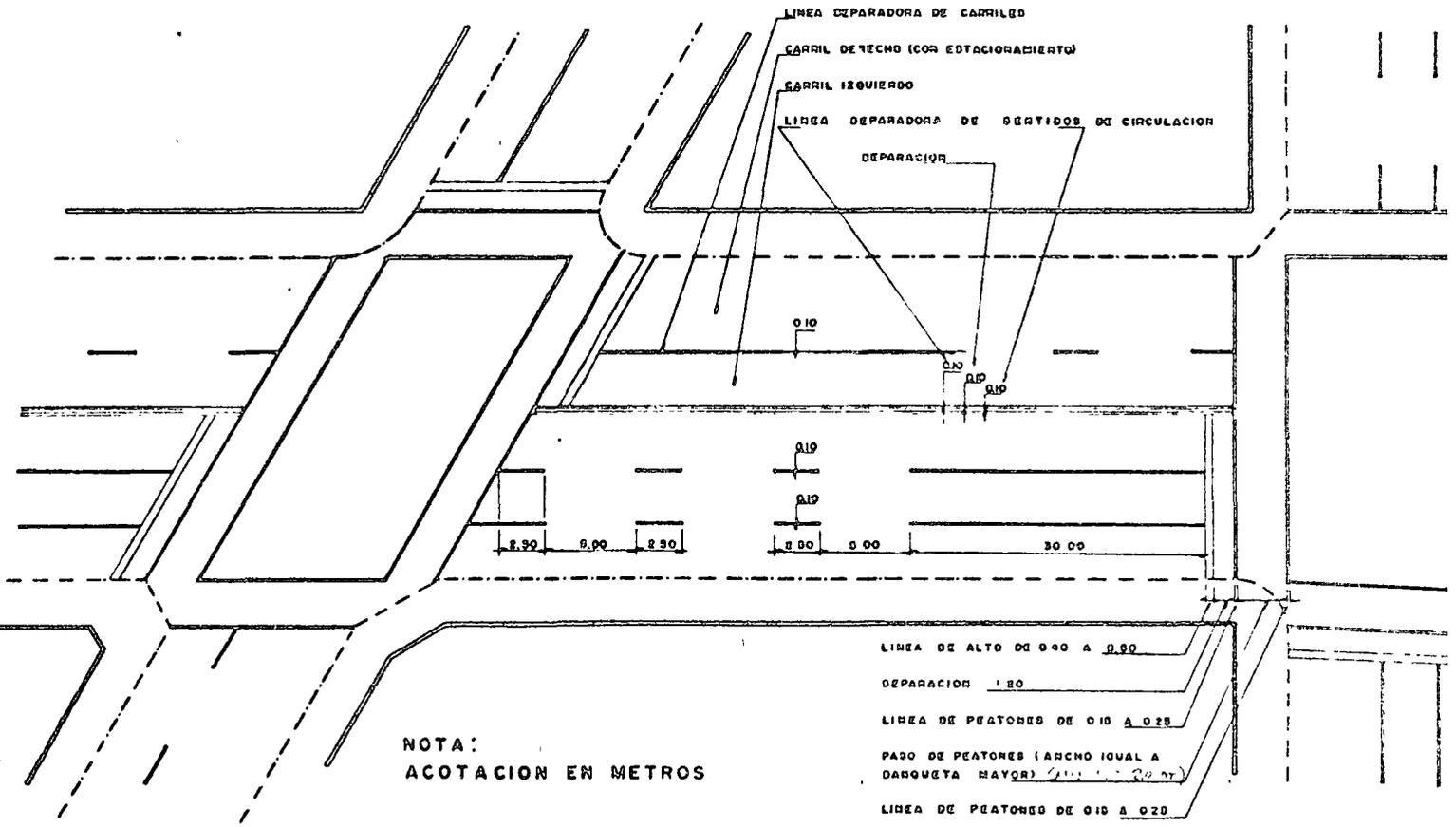
NOTA:
 VER INSTRUCTIVO OP-432-N(3) PARA
 CÉDIMIENTO DE APLICACION DE ESTAS
 TABLAS

NOTA ACOTACION EN METROS

DETALLE DE MARCAS EN EL PAVIMENTO

TABLA PARA CALLES CON DOBLE SENTIDO DE CIRCULACION

ACCESO DE 1 CARRIL					ACCESO DE 2 CARRILES					ACCESO DE 3 CARRILES					ACCESO DE 4 CARRILES				
ANCHO DE ACCESO (C.M.)	ANCHO DE CARRIL (C.M.)	ESTACIONAMIENTO LADO DERECHO		VER DOTA	ANCHO DE ACCESO (C.M.)	ANCHO DE IZQUIERDO (C.M.)	ANCHO DE DERECHO (C.M.)	ESTACIONAMIENTO LADO DERECHO		VER DOTA	ANCHO DE ACCESO (C.M.)	ANCHO DE IZQUIERDO (C.M.)	ANCHO DE CENTRAL (C.M.)	ANCHO DE DERECHO (C.M.)	ESTACIONAMIENTO LADO DERECHO		VER DOTA	ANCHO DE ACC. SO (C.M.)	ANCHO DE CARRIL (C.M.)
		PROHIBIDO	PERMITIDO					PROHIBIDO	PERMITIDO						PROHIBIDO	PERMITIDO			
270	270	X		I	940	270	270	X		I	010	270	270	270	X		I	1000	270
300	300	X		I	970	270	300	X		I	040	270	270	300	X		I	1110	270
330	330	X		I	000	270	330	X		I	070	270	270	330	X		I	1140	270
360	360	X		I		300	300	X		B		300	270	300	X		B	1170	300
390	390	X		I	030	300	330	X		A	000	300	270	330	X		A	1200	300
420	420	X		I	060	300	360	X		A		300	300	300	X		A		300
450	450	X		I		330	330	X		A	030	300	300	330	X		A	1230	300
480	480	X		I	090	330	360	X		A	060	300	300	360	X		A	1260	300
510	510	X		I		360	330	X		D		330	300	330	X		D		330
	510		X	I	720	360	360	X		D	000	330	300	300	X		A	1290	330
540	540	X		I	750	360	390	X		D y B		330	330	330	X		D		330
	540		X	I	700	390	390	X		D y B	1020	330	330	360	X		A	1320	330
570	570	X		I		270	310	X		I		330	360	330	X		D		330
600	600	X		I	010	390	420	X		D y B	1050	360	330	360	X		A		270
630	630	X		I y A		270	340	X		I		360	300	330	X		D	1350	330
660	660	X		A	040	420	420	X		D y B		270	270	310	X		I		330
690	690	X		A		270	370	X		I	1000	300	300	300	X		I		270
720	720	X		A	070	300	370	X		I		270	270	340	X		I	1300	360
750	750	X		A	900	300	300	X		I	1110	300	360	300	X		I y B		360
780	780	X		A	930	330	300	X		I		270	270	370	X		I		270
810	810	X		A y B	900	300	300	X		I	1140	390	300	390	X		B	1410	360
					900	300	300	X		I		300	270	370	X		I		360
					990	360	300	X		I y A	1170	300	300	390	X		B		300
					1020	390	330	X		I		300	300	370	X		I	1440	360
					1000	300	360	X		I y A	1200	300	300	300	X		I		300
					1000	420	300	X		I y A	1230	330	300	300	X		I	1470	360
											1200	330	330	300	X		I		300
											1200	360	330	300	X		I	1500	300
											1200	360	330	300	X		I	1530	350
											1200	360	330	300	X		I	1560	350
											1200	360	330	300	X		I	1590	350
											1200	360	330	300	X		I	1620	350
											1200	360	330	300	X		I	1650	350
											1200	360	330	300	X		I	1680	350
											1200	360	330	300	X		I	1710	350



NOTA:
ACOTACION EN METROS

DETALLE DE MARCAS EN EL PAVIMENTO

