

CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

M-012

DGRS

Dirección General de Reglamentos y Sistemas

**SECRETARIA DE ESTADO
DE OBRAS PÚBLICAS
Y COMUNICACIONES**





REPUBLICA DOMINICANA
SECRETARIA DE ESTADO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

Julio de 1982

PRESENTACIÓN

Con la publicación y puesta en vigencia de estos ***Criterios Básicos para el Diseño Geométrico de Carreteras***, la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones se da a sí misma, por primera vez, un documento técnico que traza y define, de manera organizada y coherente, los parámetros más relevantes que inciden en el diseño de un proyecto de carretera.

Estos ***Criterios Básicos*** serán utilizados no solo en proyectos desarrollados por la propia institución, sino que además formarán parte de los documentos contractuales que ampararán a proyectos desarrollados por firmas consultoras privadas para el Estado Dominicano.

Se aplicarán tanto a proyectos de carreteras troncales como a carreteras regionales y locales, persiguiéndose en todo momento proporcionar carreteras seguras, de tráfico cómodo, de aspecto agradable y situadas dentro de niveles económicos adaptados a las necesidades reales y a las características específicas de la región en particular y del país en general.

Estos ***Criterios Básicos para el Diseño Geométrico de Carreteras***, son el resultado del trabajo coordinado de técnicos contratados para la SEOPC dentro de programas financiados por el Banco Mundial, los cuales prepararon el borrador inicial apoyados en el personal de la Dirección General de Programación de Proyectos, y de técnicos contratados dentro del Programa ATN/SF-1914-DR financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), bajo la coordinación del Departamento de Normas, Reglamentos y Sistemas, quienes tuvieron a su cargo los trabajos de revisión, adaptación y preparación de la versión que hoy presentamos.

ING. MIGUEL GIL MEJIA
Subsecretario de Estado
de Obras Públicas y Comunicaciones
y
Director del Departamento de Normas,
Reglamentos y Sistemas

ÍNDICE

	PÁG.
1. Consideraciones Generales.....	1
2. Definiciones.....	3
3. Criterios Generales para el Diseño Geométrico de una Carretera.....	5
4. Velocidad Directriz.....	7
5. Distancia de Visibilidad.....	9
6. Características Geométricas.....	12
7. Drenaje.....	39

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Objetivo

Las presentes recomendaciones tienen como objetivo establecer los criterios básicos para el diseño geométrico de carreteras.

1.2 Campo de Aplicación

Se aplicará a todos los tipos de carreteras de uso público.
Se exceptúan las calles y avenidas en las ciudades.

1.3 Clasificación de las Carreteras

De acuerdo a la función que desempeñan, las carreteras se agrupan en redes y se clasifican en:

- a) Carreteras de la red primaria o troncal
- b) Carreteras de la red secundaria o regional
- c) Carreteras de la red terciaria o local

1.3.1 Carreteras de la Red Primaria o Troncal

Son aquellas que unen las regiones extremas del país, sirven de recolectoras del tráfico de las regiones adyacentes a ellas y están destinadas, sobre todo, al tráfico de largos recorridos.

1.3.2 Carreteras de la Red Secundaria o Regional

Son aquellas que enlazan las comunidades de una región, desembocan en carreteras de la red primaria y se destinan a trayectos de alcance medio. En ocasiones comunican comunidades de varias regiones.

1.3.3 Carreteras de la Red Terciaria o Local

Son aquellas que comunican las carreteras secundarias con puntos de difícil acceso, generalmente de producción agrícola.

1.4 Derecho de Vía*

1.4.1 Ancho del Derecho de Vía

El derecho de vía tendrá un ancho que abarcará la sección transversal completa de la vía, más diez (10) metros a ambos lados de ella.

Los diez (10) metros adicionales se miden a partir del borde de los cortes, del pie de los terraplenes o de los bordes extremos de las obras de drenaje.

1.4.1.1 Ancho Mínimo del Derecho de Vía

El ancho mínimo del derecho de vía será el que se establece a continuación:

- a) Sesenta (60) metros para carreteras de la red primaria o troncal.
- b) Cuarenta (40) metros para carreteras de la red secundaria o regional.
- c) Treinta (30) metros para carreteras de la red terciaria o local.

1.4.2 Posición del Eje del Derecho de Vía

En general, el eje del Derecho de Vía coincidirá con el eje de la carretera. En los casos en que se prevean futuras ampliaciones, el Derecho de Vía deberá distribuirse en forma conveniente para que las futuras ampliaciones utilicen la zona reservada.

2. DEFINICIONES

2.1 Velocidad Directriz o de Diseño

Es el valor de la velocidad que se escoge para realizar el diseño geométrico de la carretera. Corresponde a la máxima velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre la carretera cuando prevalezcan las condiciones de diseño.

2.2 Distancia de Visibilidad

Es la longitud continua a lo largo de la carretera, que es visible al conductor de un vehículo. En el diseño de carreteras se contemplan dos distancias de visibilidad: de parada y de sobrepaso.

2.2.1 De Parada

Es la longitud mínima a lo largo de la carretera, que un conductor necesita cuando, viajando a la velocidad directriz, debe detener su vehículo antes de alcanzar un objeto inmóvil situado en la carretera.

2.2.2 De Sobrepaso o Rebase

Es la longitud mínima requerida para permitir al conductor de un vehículo sobrepasar a otro que viaja en la misma dirección y con una velocidad menor en 15 Km/h. Esta maniobra no debe causar alteraciones a un tercer vehículo que viaje en sentido contrario y a la velocidad directriz. El tercer vehículo se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

2.3 Longitud de Transición

Es el tramo de carretera dispuesto entre los tramos en tangente y las curvas horizontales. Se trata de una transición para que el cambio entre la tangente y la curva se haga de modo gradual. El radio de la transición es variable, siendo infinito en la tangente, y variando hasta alcanzar el radio de la curva horizontal.

2.4 Peralte

Es la inclinación transversal de la superficie de rodadura en las curvas horizontales. La misma se da hacia el lado interior de la curva.

2.5 Sobreancho

Ancho adicional que se provee a la superficie de rodadura en las curvas horizontales.

2.6 Banquetas de Visibilidad

Corte adicional que se hace al terreno en el lado interior de las curvas horizontales para garantizar que se cumpla la distancia de visibilidad de parada a todo lo largo de ella.

2.7 Curvas Reversas

Son dos curvas consecutivas que giran en dirección contraria.

2.8 Bombeo

Inclinación transversal de las secciones en tangente de la carretera las cuales se dan desde el eje de la superficie de rodadura hacia los bordes.

2.9 Derecho de Vía

Área de terreno de propiedad estatal que ocupan u ocuparán la carretera y sus obras complementarias.

2.10 Tránsito Medio Diario Anual (T. M. D. A.)

Es el valor resultante de dividir la totalidad del tránsito vehicular durante el año entre 365.

2.11 SEOPC

Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones.

3. CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA

En la ejecución del diseño geométrico de una carretera existen una serie de factores determinantes que, aplicados correctamente en el diseño, proporcionan carreteras seguras, de tráfico cómodo y aspecto agradable.

En este capítulo se presentan esos factores determinantes. Los mismos no proporcionan rangos para los valores de las características geométricas de la carretera, sino que dan criterios generales al diseñador para la concepción del proyecto.

En los capítulos siguientes de estas recomendaciones se dan los rangos permitidos, así como las excepciones, para los valores de los parámetros que determinan las características geométricas de la carretera.

3.1 Factores Determinantes para la Alineación Horizontal

- a) La alineación será tan directa como sea posible, pero se ajustará a la topografía del terreno.
- b) En general, el número de curvas se reducirá al mínimo.
- c) Se evitará el uso de la máxima curvatura correspondiente a una velocidad dada. Se tratará de utilizar curvas abiertas, usando las más pronunciadas para las condiciones más críticas.
- d) Debe evitarse cambios bruscos de alineación:
 - 1) No deberán introducirse curvas pronunciadas al final de largas tangentes.
 - 2) Se evitarán cambios bruscos de tramos con curvatura abierta a otros con curvatura pronunciada.
 - 3) Donde haya que introducir curvas pronunciadas, la aproximación desde la zona de curvatura abierta se hará por medio de curvas con radio variable. El radio irá disminuyéndose hasta alcanzar el radio de la curva cerrada.
 - 4) Se evitará el uso de curvas reversas pronunciadas.
- e) En terraplenes largos y elevados, se evitará toda curvatura pronunciada.

3.2 Factores Determinantes para la Alineación Vertical.

- a) Se procurará, en lo posible, conseguir cambios graduales en el perfil en vez de numerosos cambios de rasante.

- b) Se evitarán las curvas verticales cóncavas pronunciadas. Este tipo de perfil es desagradable estéticamente y peligroso en las maniobras de adelanto.
- c) En intersecciones a nivel es aconsejable utilizar la menor pendiente posible.

3.3 Combinación de Alineación Horizontal y Vertical

Las alineaciones horizontales y verticales deberán proyectarse en conjunto, ya que ambas se complementan.

Las consideraciones siguientes proporcionan una buena combinación de alineación horizontal y vertical.

- a) La planimetría y la rasante deben mantener entre sí un equilibrio apropiado representando deficiencias las combinaciones siguientes:
 - 1) Alineaciones de tangentes de pequeñas curvaturas a costa de rampas largas o fuertes rasantes.
 - 2) Curvaturas excesivas con rasante de pendiente baja.

La solución apropiada sería una condición intermedia entre las dos condiciones anteriores, dentro de las limitaciones de la topografía.

- b) En curvas verticales convexas pronunciadas, no se utilizarán curvas horizontales. Esta condición resulta peligrosa porque el conductor no puede ver el cambio de alineación horizontal, sobre todo en las noches. Esto puede evitarse si la curvatura horizontal abarca una longitud mayor que la curvatura vertical.
- c) No se utilizarán curvas horizontales cerradas en o cerca de una curva vertical cóncava pronunciada. Esta disposición produce un aspecto estético desagradable. Además, las velocidades de los vehículos, especialmente de los pesados, son a menudo elevadas en las partes bajas de las curvas verticales. Esto puede producir situaciones peligrosas, sobre todo de noche.
- d) En intersecciones, los vehículos pueden tener que frenar o parar, por lo cual, la curvatura horizontal y las pendientes se harán lo menos pronunciadas posible.

4. VELOCIDAD DIRECTRIZ

4.1 Relación entre la Velocidad Directriz y las Características Geométricas

La velocidad directriz está directamente relacionada con las condiciones de seguridad de la carretera, y por tanto, se relaciona con las características geométricas de la misma.

En las presentes recomendaciones, se dan en función de la velocidad directriz las siguientes características geométricas:

- a) La longitud mínima de las curvas verticales.
- b) El radio mínimo en las curvas horizontales.
- c) La distancia de visibilidad de parada y la de sobrepaso.
- d) El valor del peralte y otros.

4.2 Elección de la Velocidad Directriz

En la elección de la velocidad directriz influyen principalmente:

- a) La topografía del terreno.
- b) La clasificación de la carretera.
- c) El volumen y la clasificación del tránsito que se espera servir.
- d) Consideraciones de carácter económico.

Cuando no exista la posibilidad de efectuar un estudio de factibilidad económica, el valor de la velocidad directriz será establecido por la Dirección General de Programación y Proyectos de la SEOPC.

En la Tabla I se presenta, en forma general, una guía para determinar la velocidad directriz, la cual está dada en función de la topografía, el tráfico promedio diario anual (T.M.D.A) y la clasificación de la carretera.

TABLA I

VALORES DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ				
CLASIFICACIÓN	TOPOGRAFÍA	VELOCIDAD DIRECTRIZ (KM/HORA)		
		TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (T.M.D.A)		
		< 2000 (*)	>2000 (*)	
PRIMARIA O TRONCAL	LLANA	80	100	
	ONDULADA	65	90	
	MONTAÑOSA	45	65	
		<250 (*)	250-400 (*)	>400 (*)
SECUNDARIA O REGIONAL	LLANA	65	80	80
	ONDULADA	45	65	65
	MONTAÑOSA	35	35	45
		<50 (*)	50-100(*)	100-250(*)
TERCIARIA O LOCAL	LLANA	35	45	60
	ONDULADA	25	30	45
	MONTAÑOSA	15	20	30

(*) Promedio Diario Anual del Tránsito Vehicular (T.M.D.A)

5. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

La distancia de visibilidad es de vital importancia para la seguridad del usuario en la carretera y para la eficiente operación de la misma. La seguridad dependerá de la distancia que el diseño provea para que el conductor pueda controlar su vehículo en caso de producirse algún obstáculo en la carretera y para poder sobrepasar a otro vehículo con seguridad.

5.1 Distancia de Visibilidad de Parada

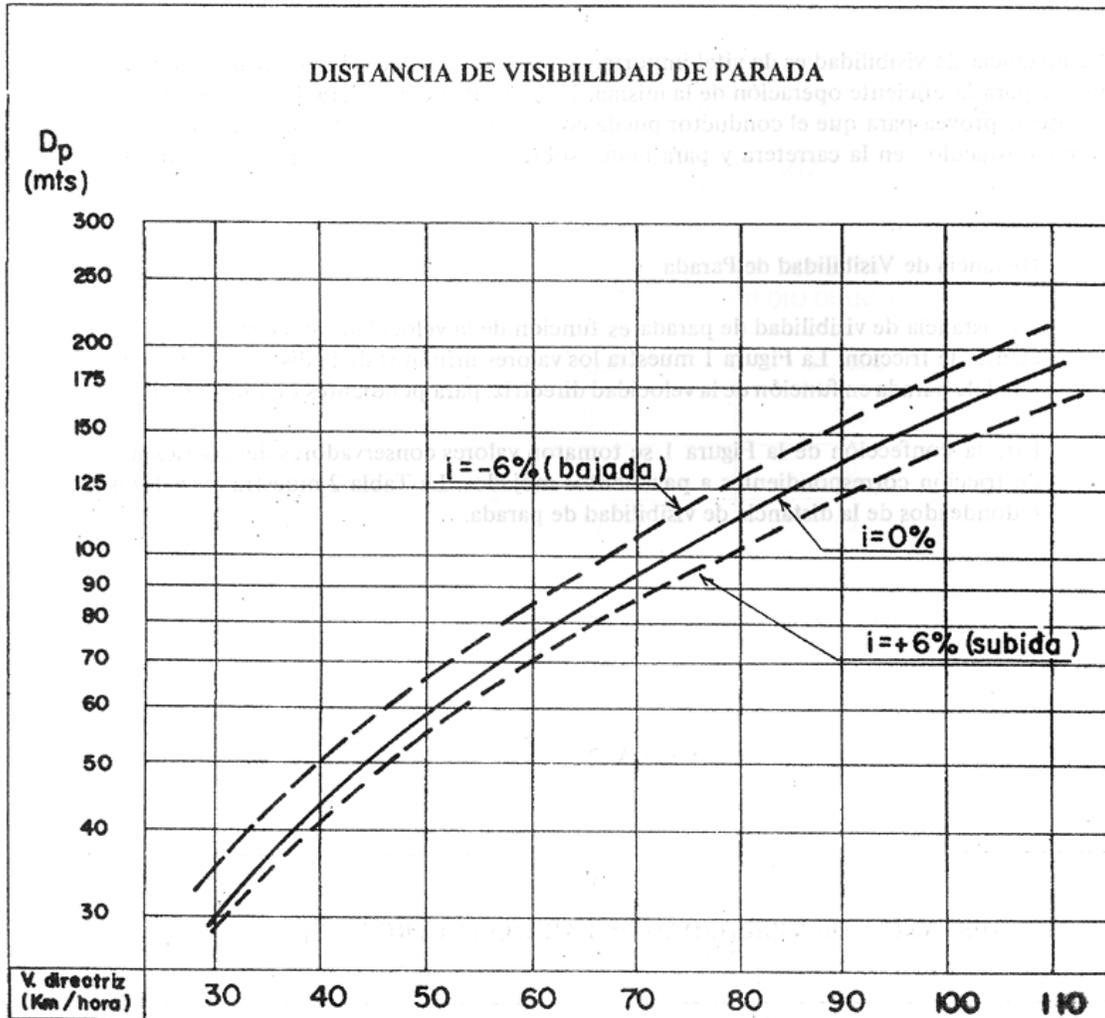
La distancia de visibilidad de parada es función de la velocidad directriz y del coeficiente de fricción. La Figura 1 muestra los valores mínimos de la distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad directriz, para pendientes de + 6% y -6%.

Para la confección de la Figura 1 se tomaron valores conservadores del coeficiente de fricción correspondientes a pavimentos mojados. La Tabla 2 muestra los valores redondeados de la distancia de visibilidad de parada.

TABLA 2

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (METROS) (Dp)								
Velocidad Directriz (Km/hr.)	30	40	50	60	70	80	90	100
Pendiente 0%	30	45	60	75	95	115	135	160
Pendiente -6%	35	50	65	85	105	125	155	185
Pendiente +6%	30	40	55	70	85	100	120	145

FIGURA 1



5.2 Distancia de Visibilidad de Sobrepasso

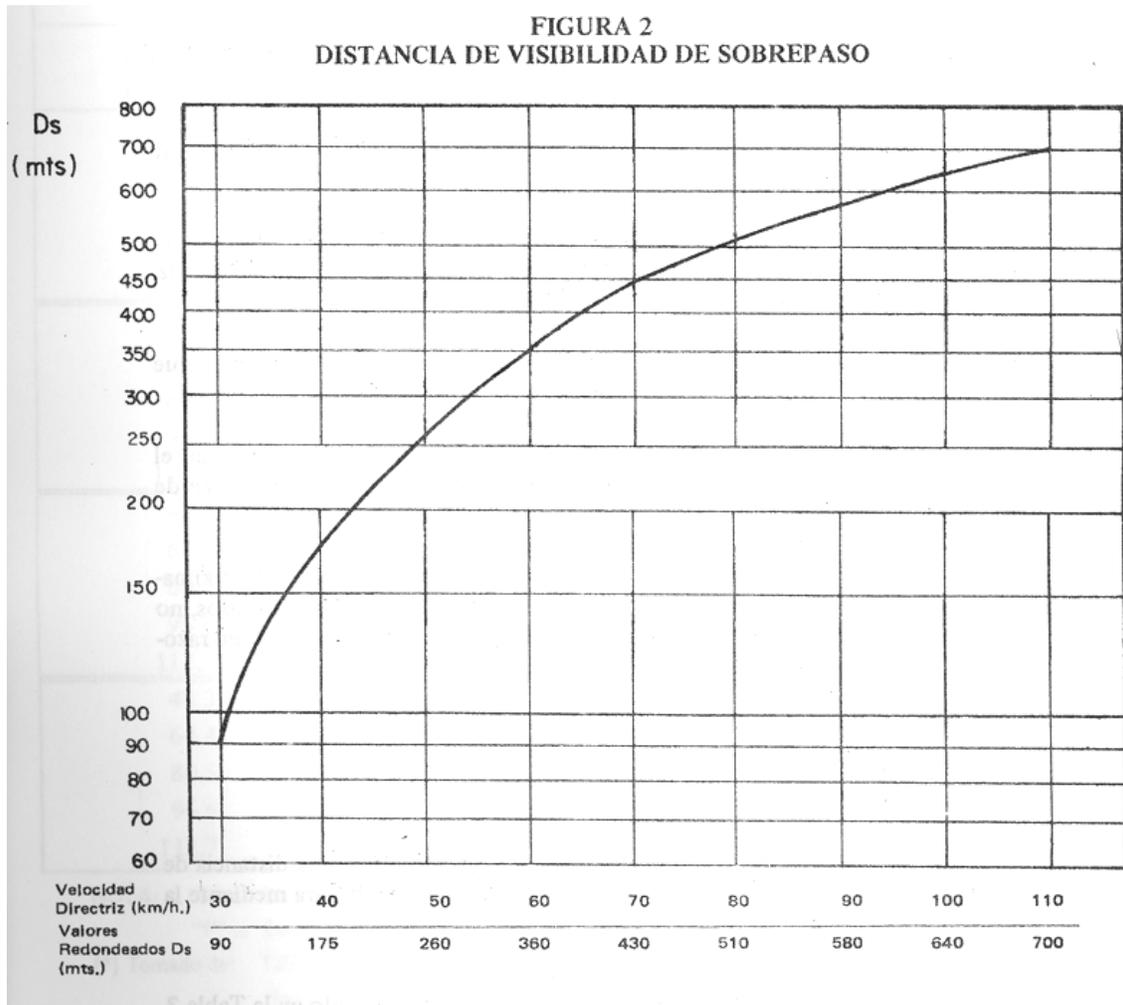
La distancia de visibilidad de sobrepasso es función de la velocidad directriz.

La Figura 2 muestra un gráfico donde se dan los valores mínimos de la distancia de visibilidad de sobrepasso en función de la velocidad directriz.

Se recomienda proveer en la mayor longitud posible de la carretera las distancias de visibilidad de sobrepasso mostradas en la Figura 2; pero, para cada tramo de 10Km, deberá asegurarse esta distancia en por lo menos el por ciento indicado en la Tabla 3.

TABLA 3
PARTE DEL PROYECTO QUE ASEGURE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE SOBREPASO FIJADA DE ACUERDO A LOS VALORES MOSTRADOS EN LA FIGURA 2
 Velocidad Directriz Km/hora

TMDA	30	40	50	60	70	80	90	100
Hasta 500	25%	25%	25%	25%	25%			
500-2000		50%	50%	50%	50%	50%		
2000-4000						70%	70%	70%



6. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Las presentes recomendaciones establecen, en la mayoría de los casos, valores mínimos y máximos para las características geométricas de la carretera. Sin embargo, deberán utilizarse las mejores características posibles, dentro de los límites razonables de la economía.

Lo establecido no debe ser considerado como algo inflexible; se podrán hacer excepciones pero éstas deberán tener la previa aprobación de la Dirección General de Programación y Proyectos de la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones.

6.1 Alineamiento Horizontal

6.1.1 Generalidades

El alineamiento horizontal de una carretera deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos.

Deberá tratarse de conservar la misma velocidad directriz en la mayor parte posible de su longitud.

La topografía del terreno es el elemento que más influye en la selección, tanto del radio en las curvas horizontales como de la velocidad directriz, ésta, a su vez, afecta la distancia de visibilidad.

En el trazado deberá buscarse una combinación de tangentes y curvas que produzcan un tránsito regular a todo lo largo de la carretera.

Se deberá tener en cuenta que tangentes excesivamente largas agravan el problema del encandilamiento nocturno prolongado y la fatiga síquica de los conductores durante el día.

Al término de tangentes largas es evidente que la velocidad de aproximación de los vehículos es mayor que la velocidad directriz. En estos casos, no será ésta la que determine el valor del radio mínimo, sino aquella que razonablemente pueda alcanzarse.

6.1.2 Visibilidad en Planta

En todos los puntos de las curvas horizontales se proveerá la distancia de visibilidad de parada. El control de este requisito se efectuará mediante la aplicación de lo prescrito en la Sección 6.6.

El trazado en planta deberá tener en cuenta lo recomendado en la Tabla 3.

6.2 Curvas Horizontales

6.2.1 Radios Mínicos

Los radios mínimos que se utilicen estarán en función de la velocidad directriz, del peralte y del coeficiente de fricción de la superficie de rodadura.

De acuerdo a investigaciones realizadas, se han establecido valores límites, tanto para el peralte “e” como para el coeficiente de fricción “f”. Los radios mínimos se determinan utilizando los valores máximos del peralte y un valor del coeficiente de fricción que tenga en cuenta la seguridad del tránsito vehicular. La Tabla 4 nos muestra valores del radio mínimo en función de la velocidad directriz.

TABLA 4

RADIO MÍNIMO DE CURVATURA TENIENDO EN CUENTA VALORES LÍMITES DE “e” Y “f”				
VELOCIDAD DIRECTRIZ	MÁXIMO e	MÁXIMO f	TOTAL (e + f)	RADIO MÁXIMO
48.3	0.06	0.16	0.22	83.23
64.4	0.06	0.15	0.21	154.87
80.5	0.06	0.14	0.20	253.96
96.6	0.06	0.13	0.19	385.06
112.7	0.06	0.12	0.18	553.20
48.3	0.08	0.16	0.24	76.22
64.4	0.08	0.15	0.23	141.46
80.5	0.08	0.14	0.22	231.10
96.6	0.08	0.13	0.21	348.48
112.7	0.08	0.12	0.20	497.87
48.3	0.10	0.16	0.26	70.43
64.4	0.10	0.15	0.25	130.18
80.5	0.10	0.14	0.24	211.58
96.6	0.10	0.13	0.23	317.99
112.7	0.10	0.12	0.22	452.74
48.3	0.12	0.16	0.28	65.24
64.4	0.12	0.15	0.27	120.43
80.5	0.12	0.14	0.26	195.43
96.6	0.12	0.13	0.25	292.68
112.7	0.12	0.12	0.24	414.94

NOTA: “e” = Peralte

“f” = Coeficiente de fricción

(*) Tomado de: Tabla III-6, Pág. 133, A Policy on Geometric Design of Rural Highways, American Association of State Highway Officials (AASHTO).

Los mismos están dados para valores del peralte del 6% al 12% y coeficientes de fricción entre 0.16 y 0.12.

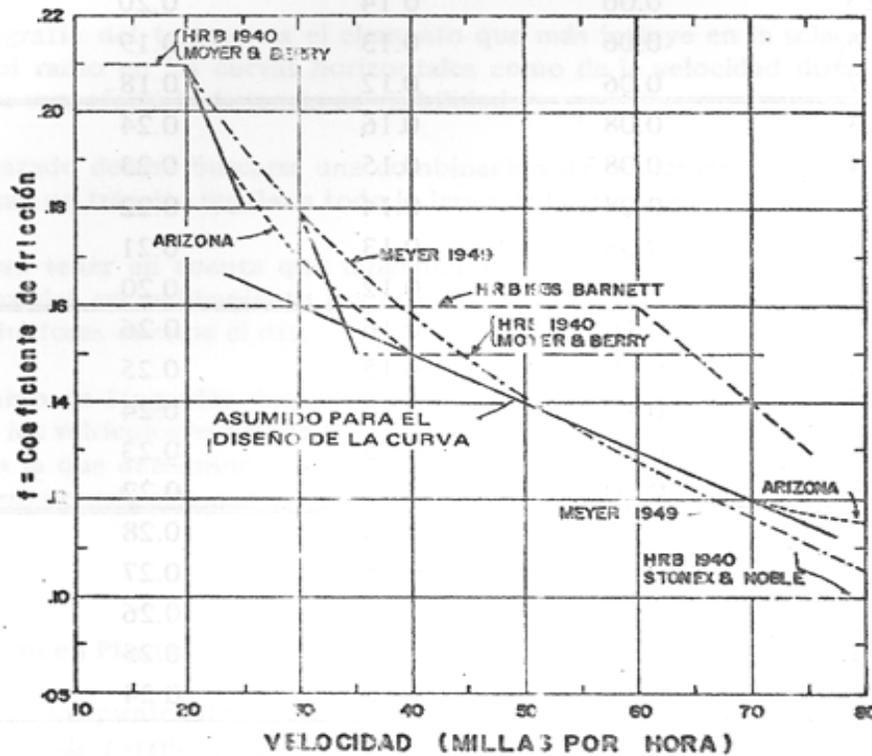
Se recomienda la utilización de peraltes entre 8% y 10%, ya que estos valores proporcionan mayor seguridad y confort en la carretera.

En el deslizamiento de los vehículos interviene el coeficiente de fricción, el cual depende de varios factores entre los cuales los más importantes son:

- a) Velocidad del vehículo.
- b) Tipo y condición de la superficie de rodadura.
- c) Tipo y estado de los neumáticos del vehículo.

Innumerables investigaciones han mostrado rangos de los valores máximos del coeficiente de fricción permisible a ser utilizados en el diseño de curvas. El resultado de esas investigaciones se presenta en la Figura 3. La misma muestra los valores máximos seguros del coeficiente de fricción recomendados, en relación a la velocidad de diseño.

FIGURA No.3
VALORES MÁXIMOS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN
CON RELACIÓN A LA VELOCIDAD DIRECTRIZ



(x) Tomado de la figura 3.4, Pág. 439, A. Policy on Geometric Design of Rural Highways (AASHTO). 5ta. Edición.

6.3 Curvas de Transición

En carreteras con velocidad directriz mayor de 60 Km/h, se intercalarán curvas de transición entre los tramos en tangente y las curvas horizontales. Para ello se utilizarán espirales que se aproximan a la Clotoide.

Estas curvas de transición deberán usarse cuando los radios sean menores a los mostrados en la Tabla 5, en función de la velocidad directriz. Valores mayores de radios no requieren curvas de transición.

Las vías con velocidad directriz menor de 60Km/h no requerirán curvas de transición.

TABLA 5

RADIOS PARA EL USO DE ESPIRALES	
Velocidad Directriz Km/Hr	Radio Mínimo (m)
60	*300
70	*500
80	*800
90	*1000
100	*1300

(*) Valor del radio en metros por encima del cual no es necesario el empleo de espirales.

6.3.1 Longitud de Transición

La longitud mínima de transición está dada por la fórmula

$$L = \frac{v^3}{R \times \frac{da}{dt}} \quad (1)$$

Donde:

V = Velocidad directriz (m/s.)

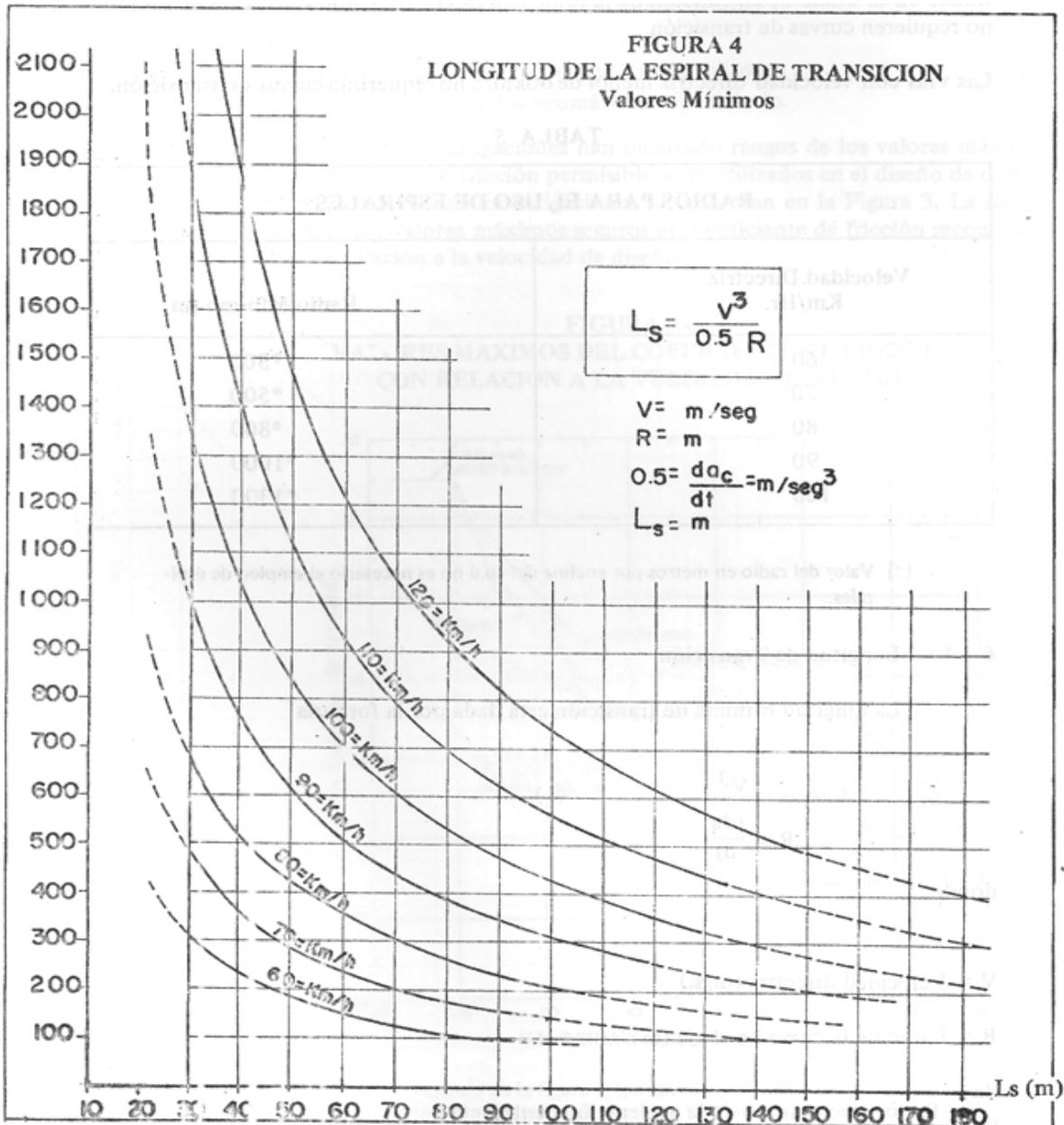
R = Radio de la curva en el eje (m)

$\frac{da}{dt}$ = Razón de aumento de la aceleración centrípeta

Se recomienda utilizar un valor de 0.5 m/s^3 para la razón de aumento de la aceleración centrípeta, pero nunca se utilizará un valor mayor de 0.7. La Figura 4 es la solución de la ecuación de la ecuación (1) para diferentes velocidades directrices y con la razón de aumento de la aceleración centrípeta igual a 0.5 m/s^3 .

6.4 Peralte

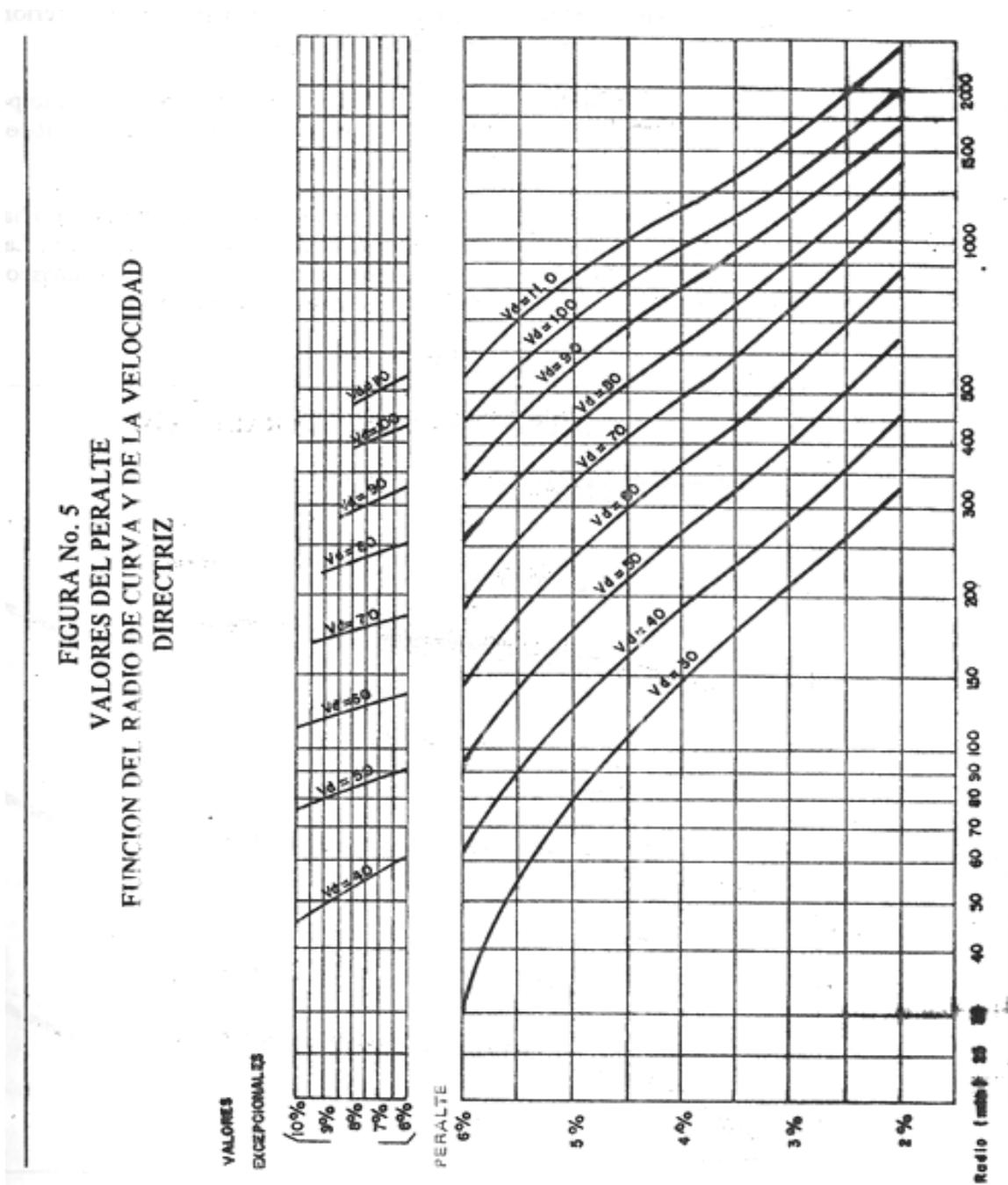
En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores de 30 m. Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, todas las curvas horizontales serán peraltadas.



6.4.1 Valores del Peralte

El peralte tendrá como valor máximo normal el 6% y como valor máximo excepcional el 10%. Su relación con los valores de la velocidad directriz y del coeficiente de fricción se muestra en la Tabla 4.

En la Figura 5 se muestra el gráfico correspondiente a los valores del peralte en función del radio de la curva y de la velocidad directriz. Para la confección de la Figura 5 se tomaron valores normales del coeficiente de fricción.



6.4.2 Giro del Peralte

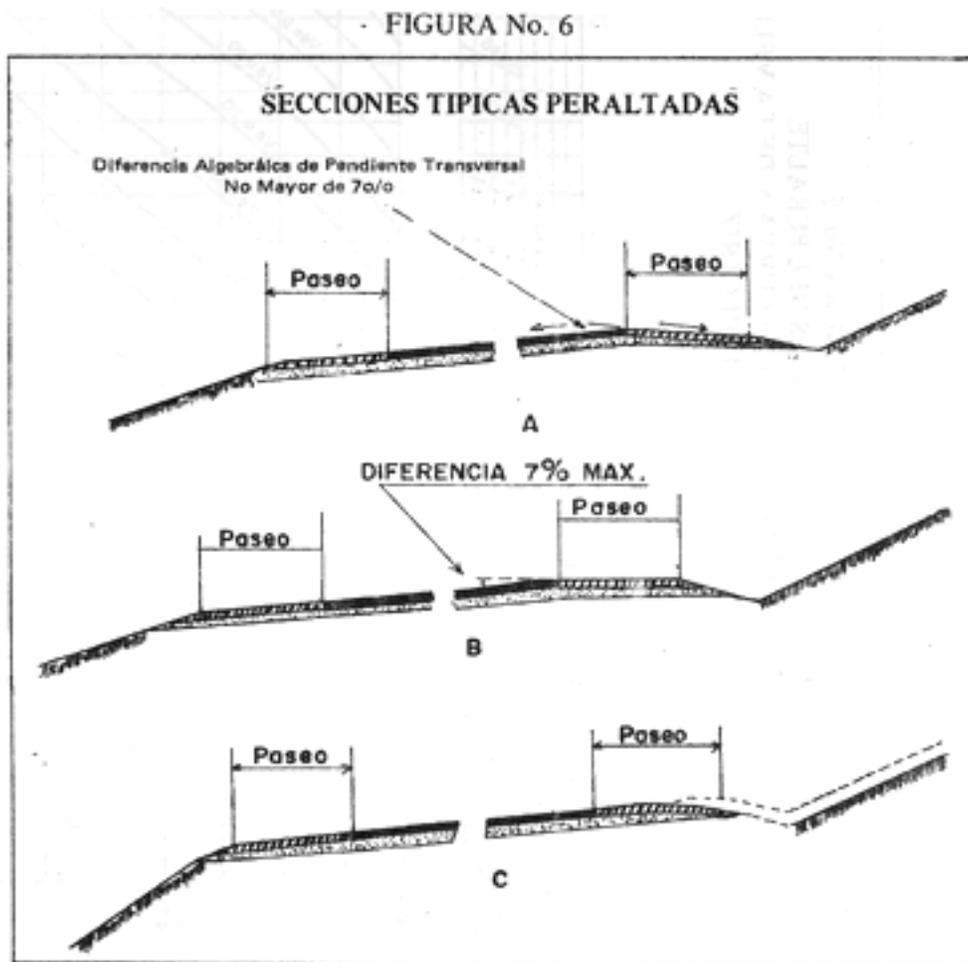
El giro del peralte se hará en general alrededor del eje de la superficie de rodadura. En casos especiales, como en terrenos excesivamente llanos, se puede realizar el giro alrededor del borde interior de la curva cuando se desea levantarla.

6.4.2.1 Peralte de los Paseos.

El paseo situado en la parte inferior del peralte (lado interior de la curva), seguirá la inclinación de éste.

El paseo situado en la parte superior del peralte será, en lo posible, horizontal o con una inclinación igual a la del bombeo en sentido contrario a la inclinación del peralte.

De este modo, las aguas se escurrirán hacia las cunetas y no hacia el pavimento. Estas condiciones se muestran en la Figura 6. La diferencia algebraica entre las pendiente transversales del paseo superior y del pavimento no deberá ser mayor de 7%.



6.4.3 Transición del Peralte: Longitud*

El bombeo correspondiente a tramos en tangente variará hasta alcanzar el peralte de la curva. Esto se hará en el tramo definido como "longitud de transición". (Ver Figuras 7A y 7B).

FIGURA 7A

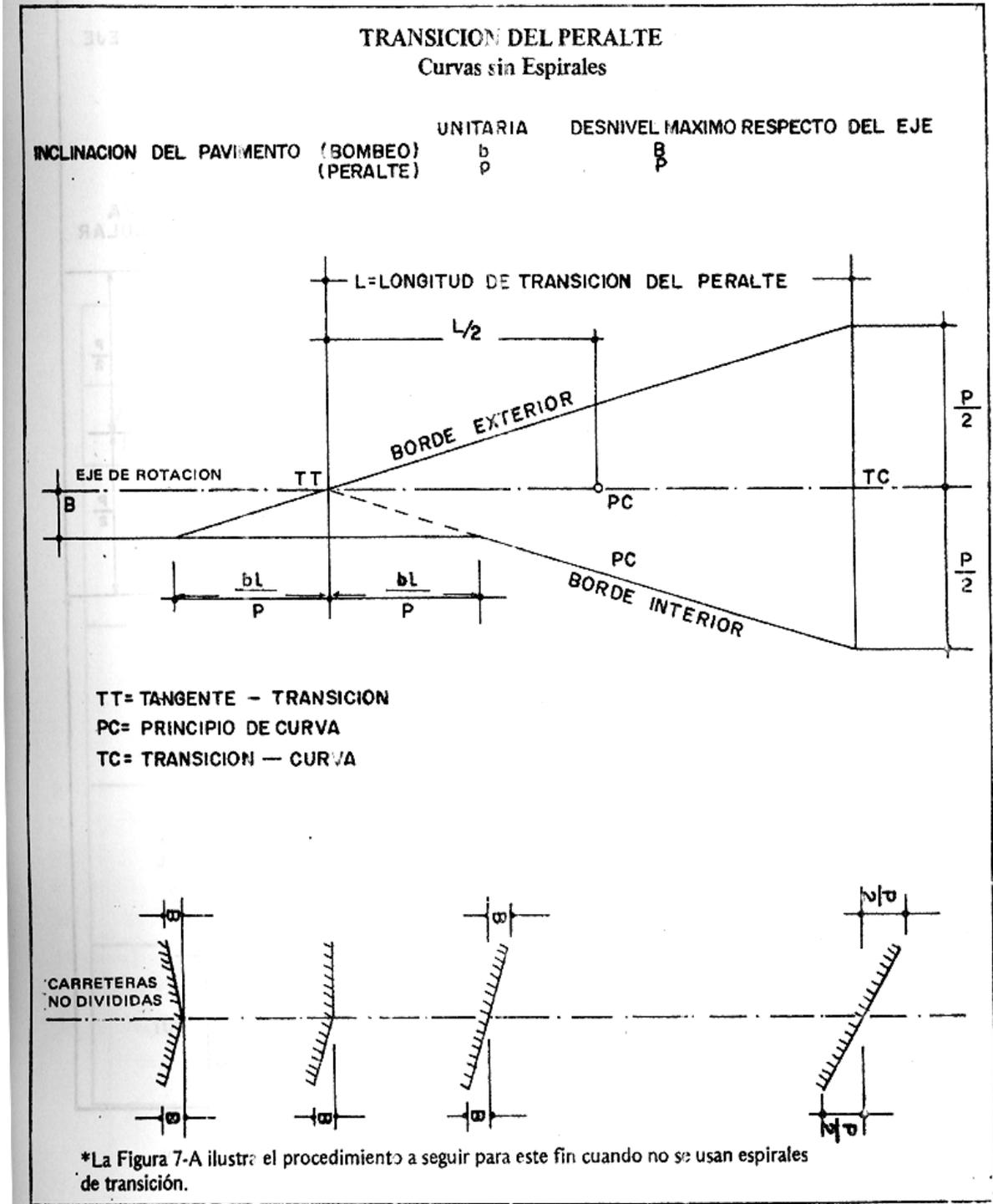
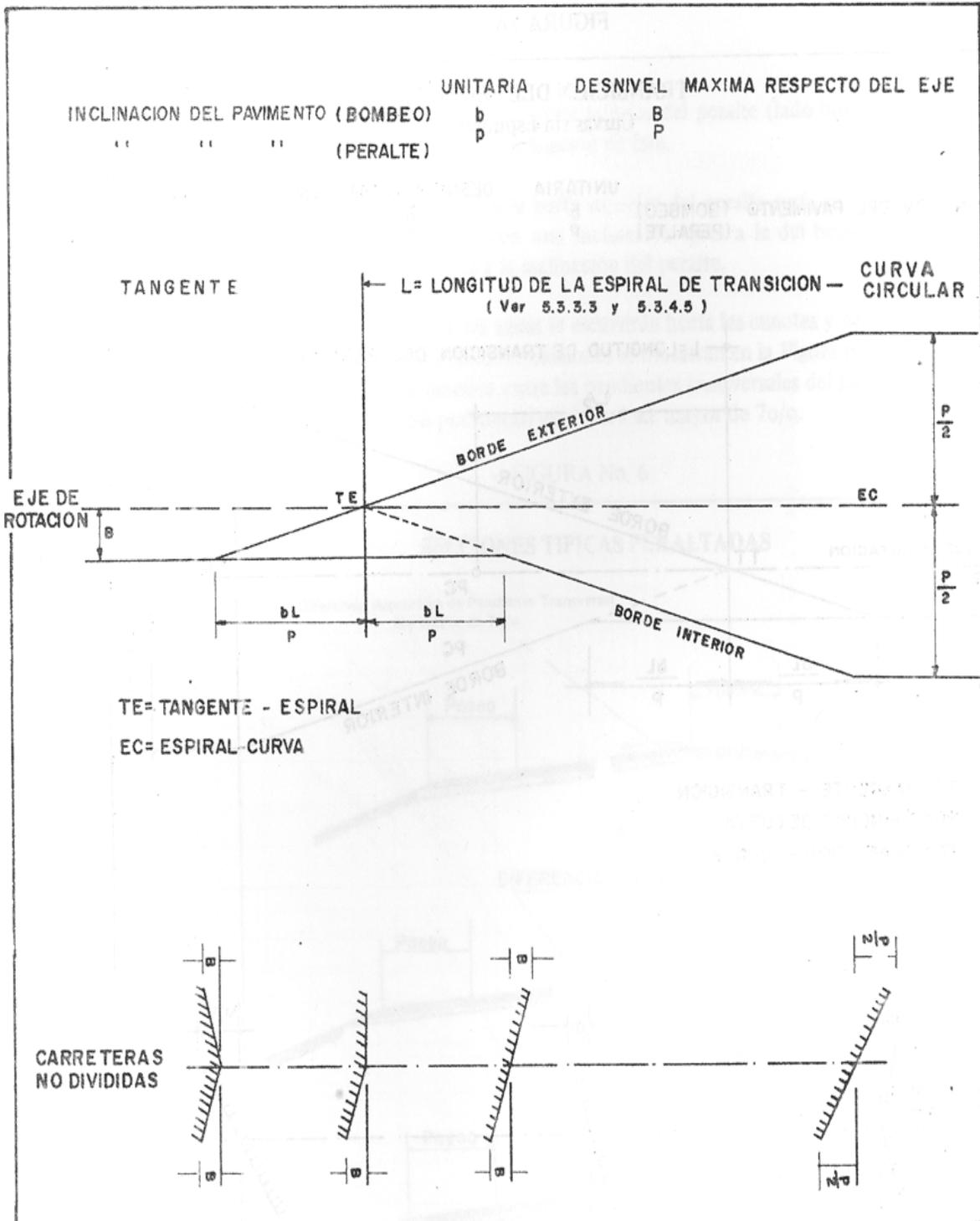


FIGURA 7-B*
TRANSICION DEL PERALTE
 Curvas con Espirales



*La Figura 7-B ilustra el procedimiento a seguir para este fin cuando se usan espirales de transición.

La variación de la transición no deberá sobrepasar incrementos que afecten la seguridad y el confort del tránsito automotriz.

Para lograr esto, la pendiente longitudinal del borde del pavimento con el eje no deberá exceder de los valores mostrados en la tabla 6.

De acuerdo a lo expresado, los valores mínimos de la longitud de transición del peralte serán los mostrados en la Tabla 7, dados en función del peralte, el ancho del pavimento y la velocidad directriz.

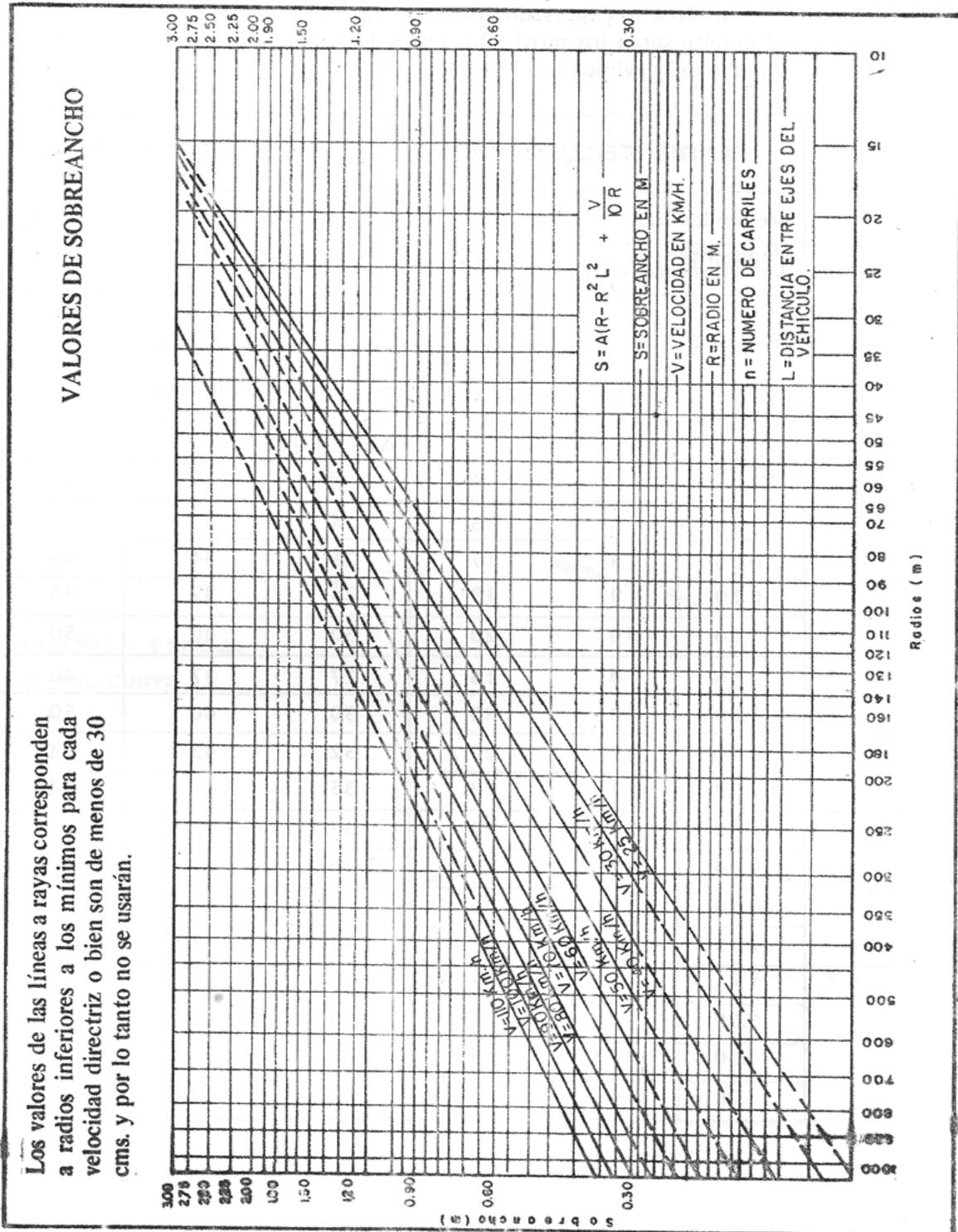
TABLA 6 PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BORDE DEL PAVIMENTO CON EL EJE				
Velocidad K/h	40	60	80	100
Pendiente Longitudinal (%)	0.70	0.60	0.50	0.45

TABLA 7 LONGITUD MÍNIMA DE TRANSICIÓN DEL PERALTE (m)						
Velocidad (K/h)	Ancho 2 Carriles	PERALTE (%)				
		2	4	6	8	10
40	5.50	8	16	24	31	39
	6.00	9	17	26	34	43
	6.50	9	19	28	37	46
	7.00	10	20	30	40	50
60	5.50	9	18	27	37	46
	6.00	10	20	30	40	50
	6.50	11	22	32	43	54
	7.00	12	23	35	47	58
80	5.50	11	22	33	44	55
	6.00	12	24	36	48	60
	6.50	13	26	39	52	65
	7.00	14	28	42	56	70
100	5.50	12	24	37	49	61
	6.00	13	27	40	53	67
	6.50	14	29	43	58	72
	7.00	16	31	47	62	78

6.5 Sobreancho

Las secciones en curva horizontal deberán ser provistas de sobreancho. Esto se hace necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos en las curvas.

FIGURA No. 8



El sobreebancho está en función del tipo del vehículo, del radio de la curva y de la velocidad directriz.

La Figura 8 muestra los valores del sobreebancho en las curvas, dados en función de la velocidad directriz y radio de la curva.

Cuando el sobreebancho sea menor de 0.30 m., no será obligatoria su aplicación.

El sobreebancho afectará solamente a la superficie de rodadura y deberá seguir la misma inclinación del peralte, permaneciendo inalterables las dimensiones y la inclinación de los paseos.

El sobreebancho se adicionará íntegramente al lado interior de la curvar, si no está provista de espirales de transición.

La Figura 9-A muestra el procedimiento a seguir en ese caso. Si las curvas poseen espirales de transición, el sobreebancho se adicionará a ambos lados del pavimento. El procedimiento a seguir en este caso se muestra en la Figura 9 B.

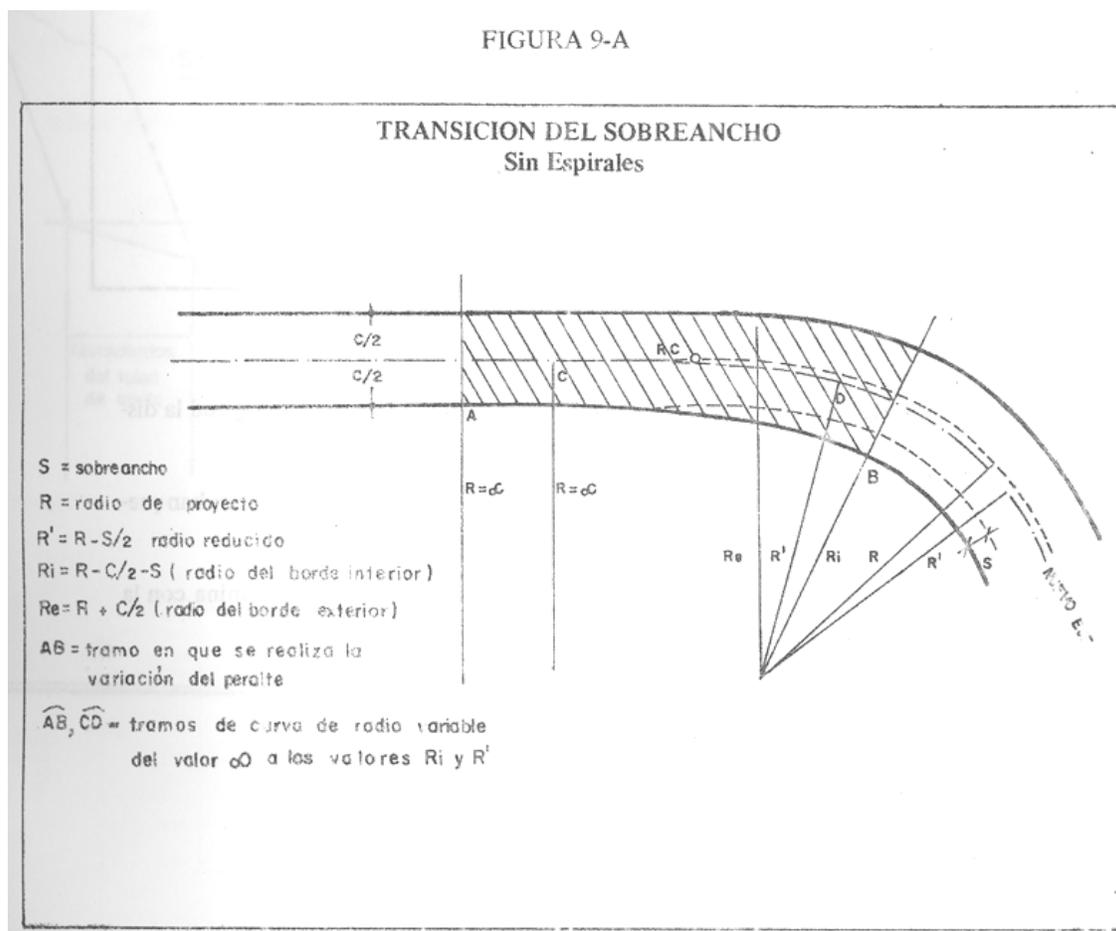
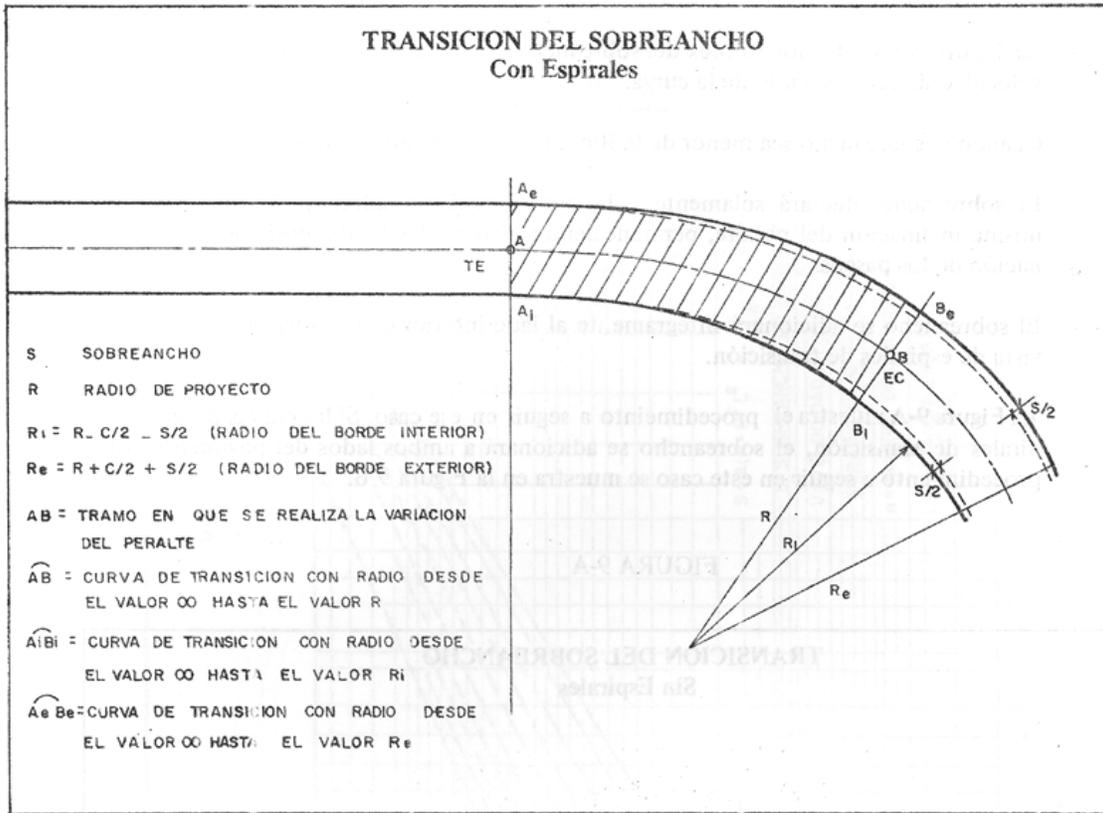


FIGURA No. 9-B



6.6 Banquetas de Visibilidad

Las curvas horizontales deberán proyectarse manteniendo en toda su longitud la distancia de visibilidad de parada.

En caso de no cumplir este requisito debido a la topografía, se proyectarán banquetas de visibilidad siguiendo el procedimiento mostrado en la Figura 10.

La distancia que habrá que desplazar el talud interno del corte se determina con la expresión:

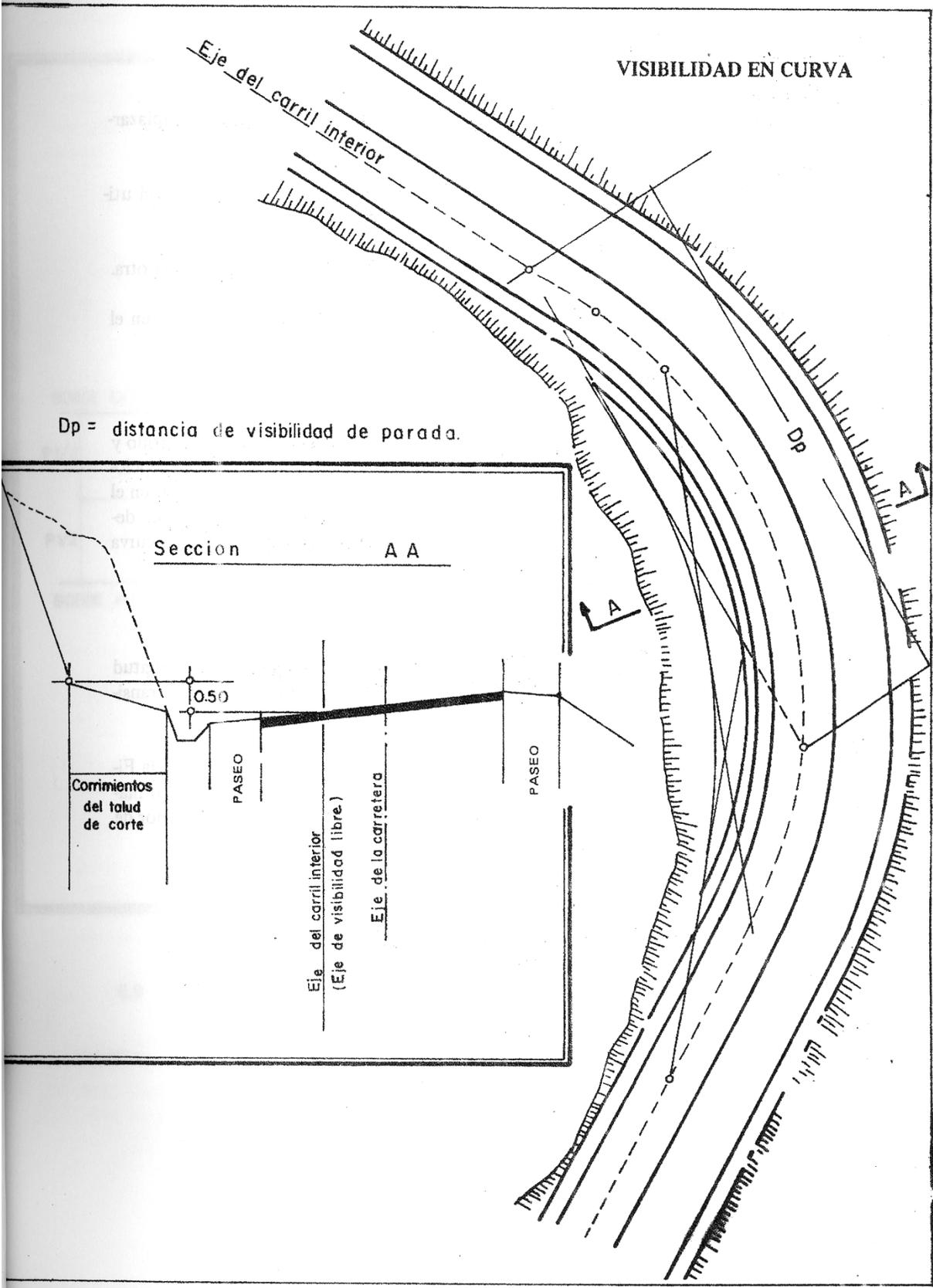
$$M = \frac{(Dp)^2}{8R}$$

M = Distancia al borde del talud, medido desde el eje del carril (m)

Dp= Distancia de parada (m)

R = Radio de la curva (m)

FIGURA No. 10



6.7 Curvas Compuestas

En general, se recomienda evitar el uso de curvas compuestas y tratar de reemplazarlas por una sola curva.

En casos excepcionales, por razones de índole económica o de otro tipo, se podrá utilizar curvas compuestas siguiendo los aspectos siguientes:

- a) El radio de una de las curvas no será mayor de 1.5 veces el radio de la otra.
- b) En lo referente a la longitud de transición, se cumplirá como lo indicado en el acápite 6.4.3, (longitud de transición del peralte).

6.7.1 Curvas Continuas en el mismo sentido

En general, se evitará el empleo de curvas continuas en el mismo sentido y separadas por una tangente menor de 450 metros. Solo en casos excepcionales podrá emplearse una tangente menor entre dos curvas continuas en el mismo sentido. En el caso de que dicha distancia sea menor de 100 m., deberá reemplazarse por una sola curva o, excepcionalmente, por una curva policéntrica.

6.8 Curvas Reversas

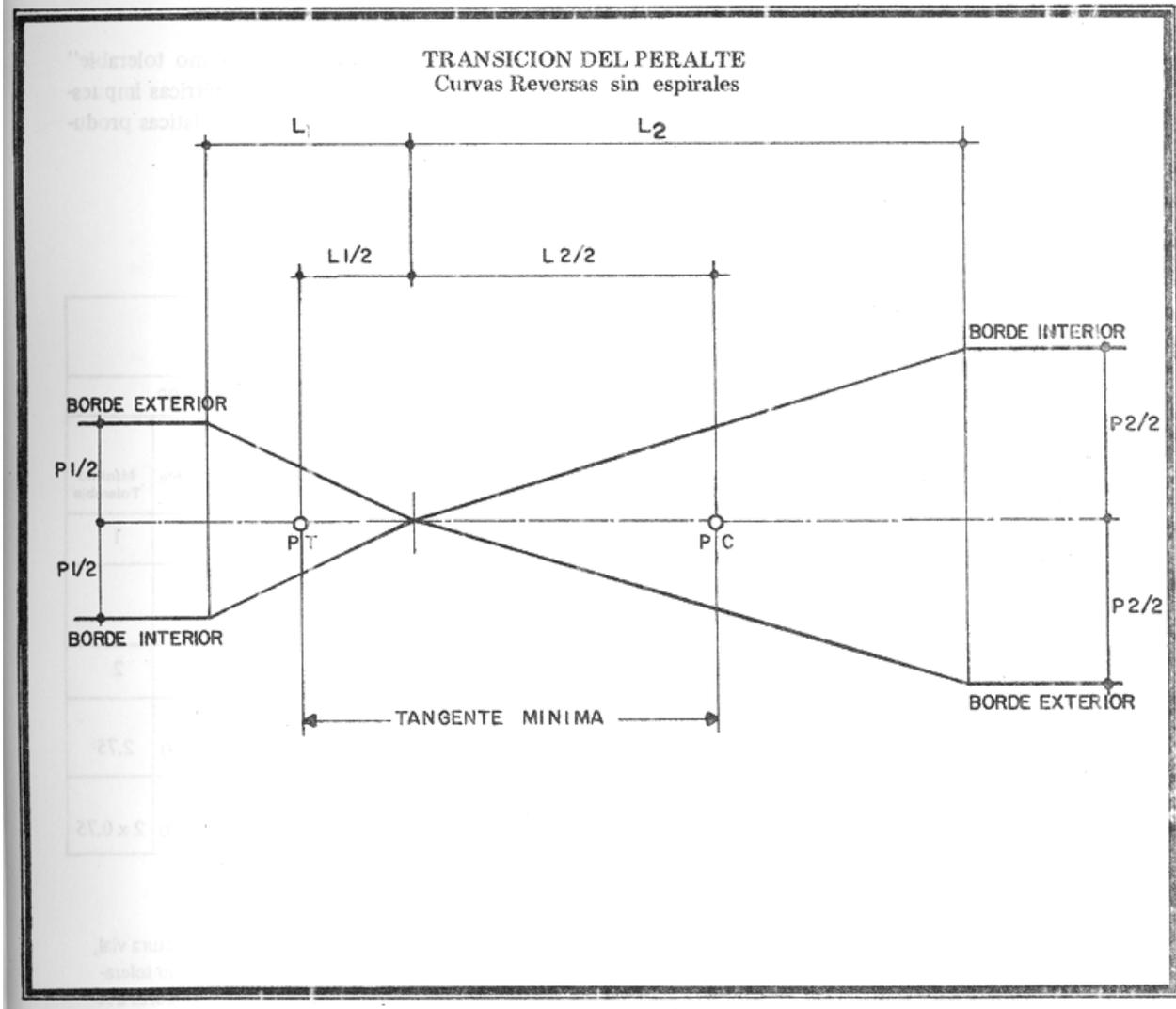
Entre dos curvas reversas deberá siempre existir un tramo en tangente. La longitud mínima de este tramo será aquella que permita cumplir con las longitudes de transición del peralte.

En este caso, la transición del peralte se efectuará de acuerdo a lo mostrado en la Figura 11. Sin embargo, para las vías proyectadas con velocidad directriz igual o mayor de 60 Km/h., la longitud de tangente entre dos curvas reversas no será menor de lo indicado en la Tabla 8.

TABLA No. 8

Longitud Mínima de Tangente Intermedia Entre Dos Curvas Reversas					
Velocidad Directriz (Km/Hr)	60	70	80	90	100
Tangente Mínima (Metros)	85	100	110	125	140

FIGURA 11



6.9 Sección Transversal

6.9.1 Ancho de la Sección Transversal

6.9.1.1 Donde no hay Estructuras

El ancho de la sección transversal está en función de la capacidad de la carretera: ésta, a su vez, está en relación directa con la demanda vehicular. Es por ello que, antes de determinar los anchos del pavimento, es necesario relacionarlos con la demanda vehicular a servir.

La tabla 9 muestra la relación entre los parámetros de la sección transversal y la demanda vehicular.

En dicha tabla, las columnas denominadas “mínimo tolerable” corresponden a valores de las características geométricas impuestas por consideraciones económicas. Dichas características producen restricciones que se consideran tolerables.

TABLA 9

SECCIÓN TRANSVERSAL-CARACTERÍSTICAS GENERALES										
Tráfico(TMD A)	12,000		12,000 - 6,000		6,000 - 2,000		2,000 - 500		500	
	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable	Deseable	Mínimo Tolerable
Calzada (Unid)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Separador Central (m)	6.00	1.20	1.20	-	-	-	-	-	-	-
Carriles (Unid)	6	4	4	2	2	2	2	2	2	2
Ancho Carril (m)	3.75	3.60	3.75	3.60	3.30	3.00	3.30	3.00	3.00	2.75
Ancho Paseo (m)	2x3.00	2x2.40	2x3.00	2x2.40	2x2.40	2x1.20	2x2.40	2x1.20	2x2.40	2x0.75

NOTA: Se da una descripción de carácter general de las características principales de la infraestructura vial, en función del tráfico que soporta (promedio diario anual) en sus valores deseables y mínimo tolerables; posteriormente en las recomendaciones específicas referente a cada componente, los valores a recomendar estarán en relación con la clasificación funcional de la carretera y de la topografía del lugar.

T.M.D.A = Tránsito Medio Diario Anual

6.9.1.2 En Estructuras

El ancho de la sección transversal en estructuras no necesitará incluir los paseos, sin embargo deberá dejarse una distancia libre mínima entre la cara interior de la estructura y el borde del pavimento:

- a) En puentes, 60 cms.
- b) En pasos inferiores, 1.00 mts.

6.9.2 Ancho de la Sección Transversal en Curvas Horizontales

La sección transversal en las curvas estará provista de sobreancho, de acuerdo a lo indicado en la sección 6.5.

6.9.3 Tipo y Espesor del Pavimento

Ambos aspectos serán determinados por el proyectista para cada tramo de la carretera. Se proyectarán en base a un estudio técnico-económico que tenga en cuenta:

- a) El tránsito vehicular;
- b) Su composición;
- c) La capacidad de soporte de la subrasante;
- d) La disponibilidad de materiales apropiados en la zona, y
- e) El costo de su mantenimiento.

6.9.4 Bombeo

Las carreteras estarán provistas de bombeo en los tramos en tangente. Dependiendo del tipo de pavimento, tendrán las inclinaciones siguientes:

- a) Pavimento tipo superior (hormigón hidráulico, concreto asfáltico), de 2% a 2.5%.
- b) Pavimentos de bajo costo (base estabilizada), de 3% a 4%.

En los tramos en curva, el bombeo es sustituido por el peralte en la forma indicada en el acápite 6.4.3.

6.9.5 Pendiente en los Paseos

Los paseos estarán provistos de pendiente, dadas hacia los bordes del pavimento. Las pendientes estarán entre los rangos siguientes.

- a) En carreteras con pavimento superior, de 3 a 4%.
- b) En carreteras con pavimento intermedio, de 3.5 a 5%.
- c) En carreteras con pavimento de bajo costo, de 4 a 6%.

6.9.6 Ancho de los Paseos

Al margen del aspecto estructural de la carretera, la finalidad de los paseos es la de dotarla de un espacio destinado al estacionamiento de los vehículos en caso de emergencia.

De esta forma, los carriles de circulación quedan libres y no se disminuye la capacidad de la carretera. Este aspecto se hace más crítico en carreteras de 2 carriles de circulación.

Es recomendable un ancho de 2.40m. en los paseos de forma que permita el estacionamiento de un vehículo.

Por razones de carácter económico no es posible obtener en todos los casos esa dimensión en los paseos.

En la Tabla 9 se dan valores recomendados para el ancho de los paseos en relación con la demanda vehicular y la clasificación de la carretera.

La Tabla 10 muestra valores mínimos de ancho de paseos para carreteras de dos carriles de circulación y con un volumen de tránsito menor de 6,000 vehículos/días (T. M. D. A.). Esos valores están en función de la velocidad directriz.

TABLA 10

ANCHO MINIMO DE LOS PASEOS	
Velocidad Directriz Km/Hr	Ancho Mínimo Metros
30	0.75
40	0.75
50	1.20
60	1.20
70	1.50
80	1.50

6.9.7 Taludes

6.9.7.1 Taludes en Corte

La inclinación de los taludes en corte variará de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que sean efectuados. En general, los valores de inclinación de los taludes corresponderán a los mostrados en la Tabla 11.

TABLA 11

TALUDES DE CORTE		
Clase de Terreno	Talud	
	V	H
Roca Dura	10	1
Roca Suelta	4	1
Conglomerado	3	1
Tierra Compacta	2	1
Tierra Suelta	1	1
Arena	1	2

6.9.7.2 Taludes en Relleno

La inclinación de los taludes en rellenos variará de acuerdo a las características del material con el cual esté formado el terraplén. De manera general, se seguirá lo indicado en la Tabla 12.

TABLA 12

TALUDES DE RELLENO		
Material	Talud	
	V	H
Enrocado	1	1
Material Suelto	1	1.5
Arena	1	2

6.9.8 Altura Libre

En los pasos o cruces a diferentes niveles así como en los túneles, la altura libre no será menor de 5.50m.

Dicha altura se medirá a partir del nivel superior de la superficie de rodadura.

6.10 Perfil Longitudinal

En general, el perfil del proyecto corresponderá al eje de simetría de la sección transversal de la carretera. Las cotas del perfil longitudinal del proyecto corresponderán a la superficie de rodadura terminada.

En términos generales, la rasante de la carretera se determinará siguiendo las recomendaciones siguientes:

- a) En terrenos llanos, por razones de drenaje, la rasante estará por encima del nivel del terreno.
- b) En terreno ondulado, la rasante seguirá en lo posible, las ondulaciones del terreno. Deberán tenerse en cuenta las limitaciones impuestas por la estética, la visibilidad y la seguridad en la operación de los vehículos en la carretera.
- c) En los terrenos montañosos, será también necesario adaptar la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente que producen alargamientos innecesarios.

6.10.1 Curvas Verticales

Se utilizarán curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de las pendientes sea:

- a) 1% o más en carreteras con pavimento tipo superior (hormigón hidráulico, con concreto asfáltico), y
- b) 2% o más para las demás.

Las curvas verticales se proyectarán de modo que provean, por lo menos, la distancia de visibilidad mínima de parada y la distancia de visibilidad de sobrepaso, de acuerdo a lo prescrito en la sección 5.2.

6.10.1.1 Curvas Verticales Convexas

Para determinar la longitud mínima de las curvas verticales convexas que cumplan con el requisito de la distancia de visibilidad mínima de parada, se utilizará el gráfico de la Figura 12, y para que cumplan con el requisito de visibilidad de sobrepaso, el gráfico de la Figura 13.

En ambas figuras las longitudes se dan en función de la velocidad directriz y de la diferencia algebraica de las pendientes.

FIGURA 12

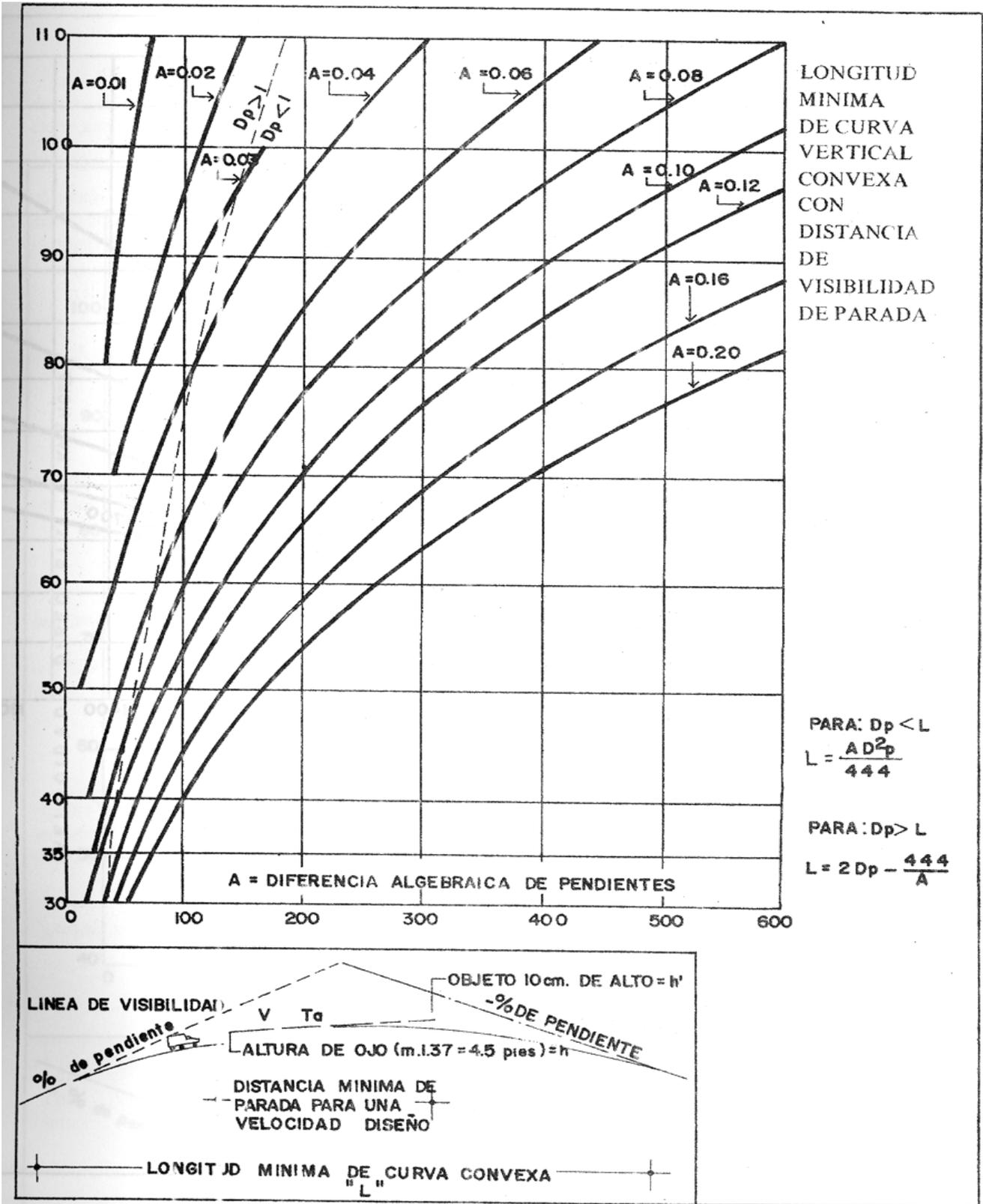
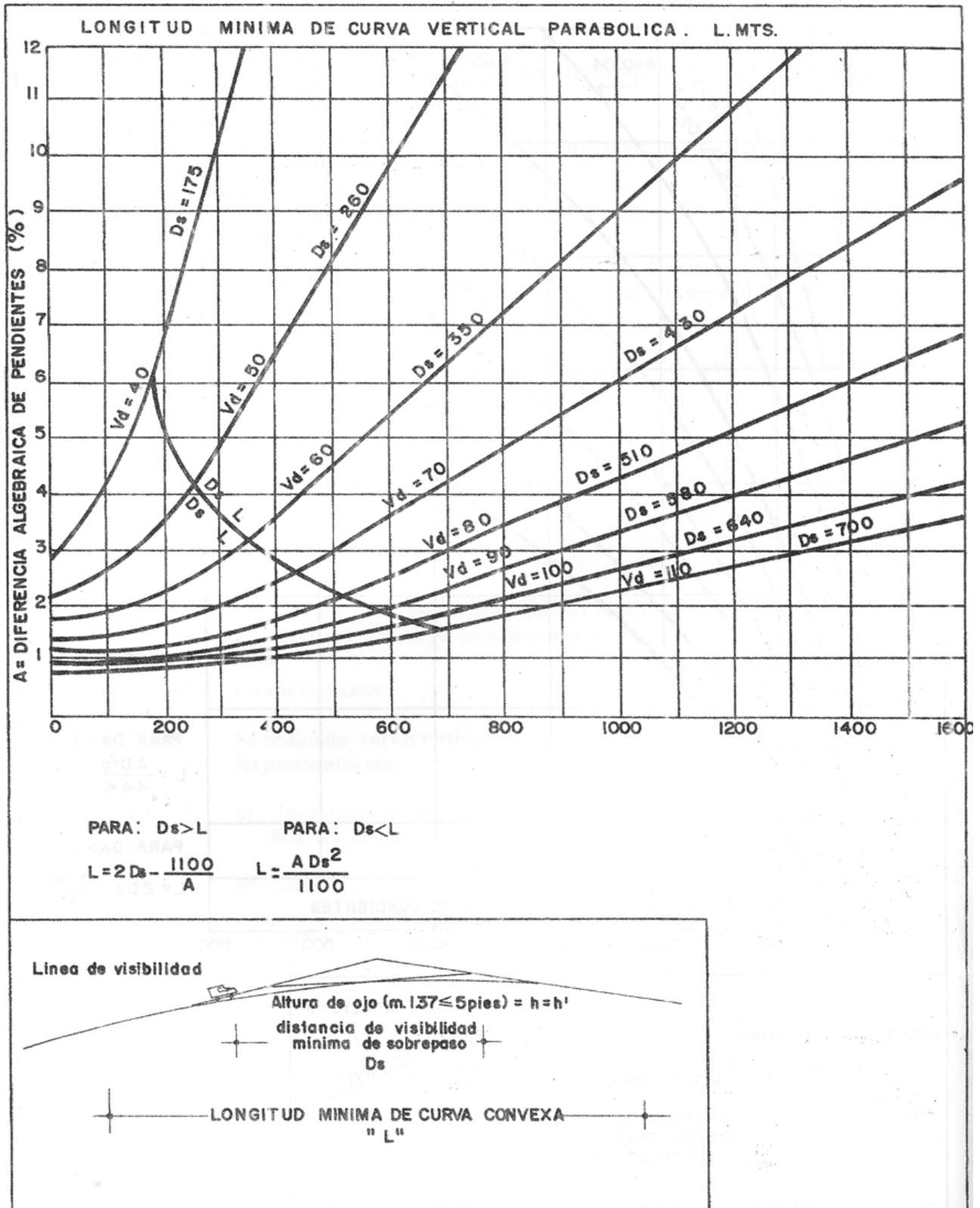


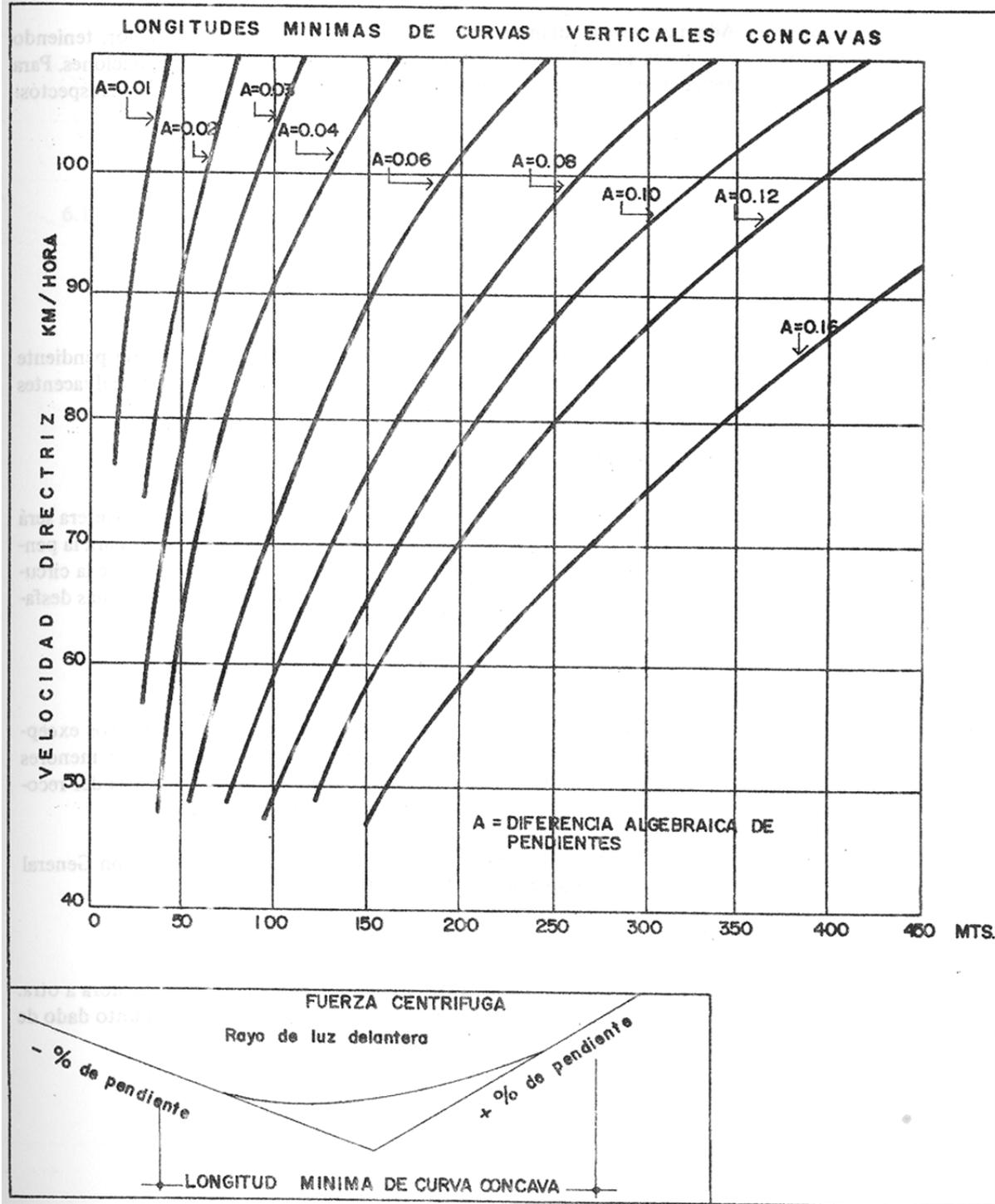
FIGURA 13



6.10.1.2 Curvas Verticales Cóncavas

La longitud mínima de las curvas verticales cóncavas se determinará utilizando el gráfico de la Figura 14, en función de la velocidad directriz y la diferencia algebraica de las pendientes.

FIGURA 14



6.10.2 Pendientes Longitudinales de la Carretera

La selección y empleo de las pendientes en los diferentes tramos de una carretera, deberá ser producto de un detallado estudio del proyectista, efectuándose comparaciones entre las diferentes alternativas.

Además, deberá demostrarse que la solución elegida es la mejor, teniendo en cuenta los valores límites fijados en las presentes recomendaciones. Para dicha elección se deberá tener en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- a) Su influencia en el costo de construcción de la carretera.
- b) El costo de operación vehicular.
- c) La capacidad de la vía.

6.10.2.1 Pendiente Mínima

En tramos en corte cerrado, se evitará el empleo de pendientes menores de 0.5%, a menos que las cunetas laterales adyacentes tengan una pendiente que garantice el drenaje.

6.10.2.2 Pendiente Máxima Normal

El valor máximo de la pendiente longitudinal de la carretera será de 7%. Sin embargo, los límites máximos normales para la pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables del pavimento.

6.10.2.3 Pendiente Máxima Excepcional

Podrá aumentarse la pendiente máxima normal en casos excepcionales y justificados, especialmente cuando valores menores conduzcan a obras costosas y alargamientos artificiales del recorrido.

Estas pendientes deberán ser aprobadas por la Dirección General de Programación de la SEOPC.

6.11 Tránsito Horario

Durante el día, el volumen de tránsito varía apreciablemente de una hora a otra. El volumen de tránsito que pasa en cualquier hora del día, por un punto dado de la carretera, se denomina Tránsito Horario.

6.11.1 Tránsito Horario Máximo- Hora Punta

A determinadas horas del día se presenta gran concentración de tránsito. El valor horario con mayor volumen de tránsito se denomina Hora Punta.

Diseñar la carretera para la Hora Punta sería servir muy apropiadamente al tránsito vehicular, pero razones de índole económica no lo permiten. En consecuencia, es necesario determinar un volumen horario apropiado para el diseño de la carretera. La hora que corresponde a ese volumen se denomina Hora Diseño.

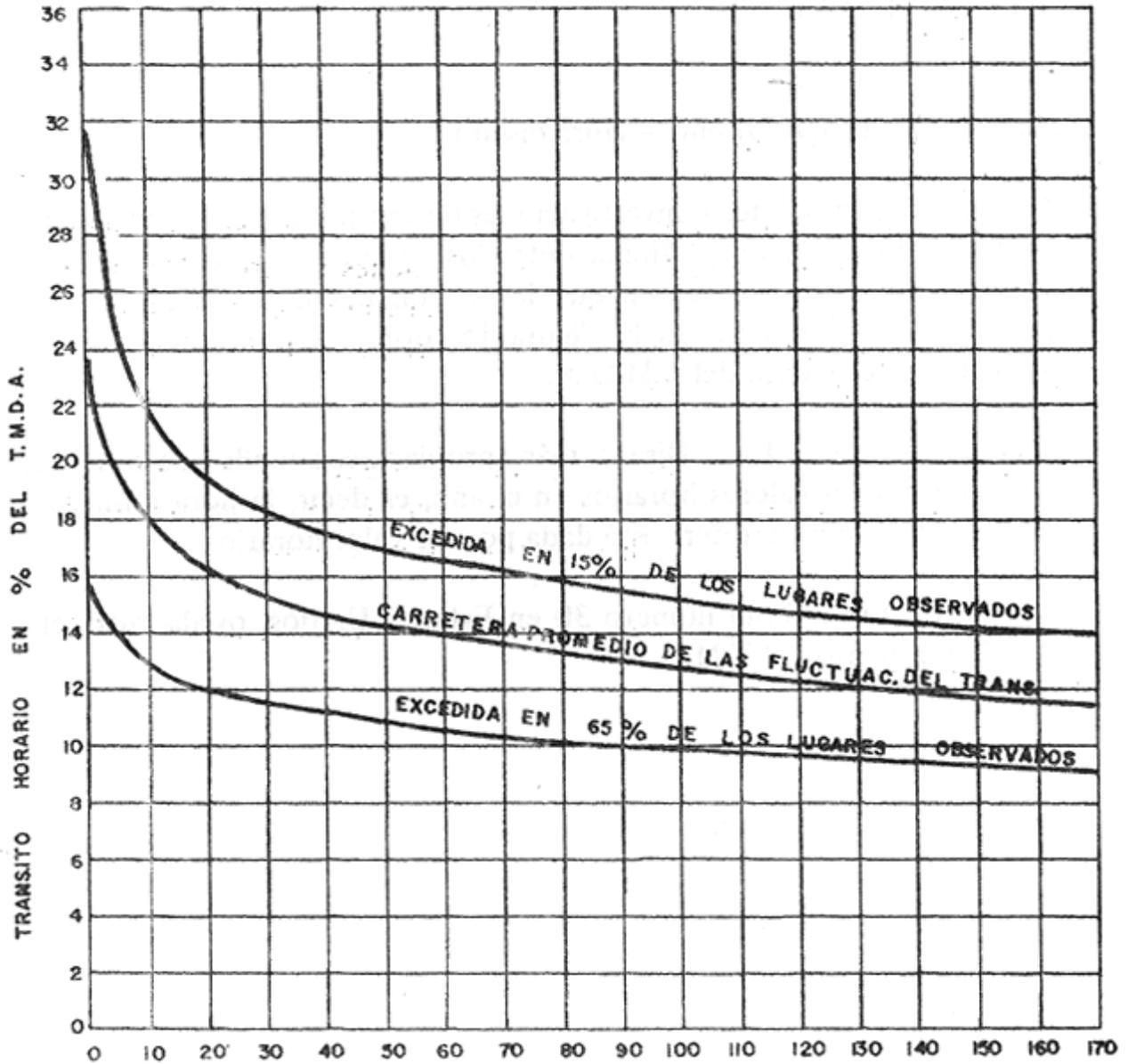
6.11.2 Tránsito Horario de Diseño-Hora diseño

Mediante observaciones e investigaciones de campo, en los Estados Unidos se obtuvo una relación definida entre los volúmenes horarios de todo el año y el número de horas en que los volúmenes horarios son mayores. Esa relación se presenta en la Figura 15, donde los volúmenes horarios están como por ciento del T.M.D.A.

Se concluyó que la Hora Diseño más apropiada es aquella que es sobrepasada sólo por 29 valores horarios en el año, es decir, la hora número 30. La capacidad de la carretera está dada por ese valor horario.

Se observa que la hora número 30 en Estados Unidos, oscila entre el 12 y el 18 por ciento del T.M.D.A.

FIGURA 15
RELACIÓN ENTRE LA HORA MÁXIMA
Y EL TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (T.M.D.A)
CARRETERAS EN ZONA RURAL



**NÚMERO DE HORAS EN EL AÑO EN QUE LOS VALORES
DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO SON MAYORES QUE EL
MOSTRADO**

Tomando de: Fig. III-I, Pág. 427, A. Policy en Geometric Design of Rural Roads,
AASHTO, 5ta. Edición.

7 DRENAJE

7.1 Drenaje de Aguas Superficiales

El drenaje superficial tiene el propósito de alejar las aguas de la carretera. Esto evita su influencia negativa, tanto en el aspecto de la estabilidad de su infraestructura, como en sus condiciones de transitabilidad.

Las dimensiones de las obras de drenaje serán determinadas en base a cálculos hidráulicos, tomando como base la información pluviométrica disponible.

7.1.1 Drenaje del Agua que Escurre sobre el Pavimento

La eliminación del agua que escurre sobre la superficie del pavimento, se efectúa por medio del bombeo en las secciones en tangente y mediante el peralte en las curvas, de modo que el escurrimiento sea hacia las cunetas.

Los paseos de una carretera pavimentada se someterán a un tratamiento de impermeabilización. De este modo se logra fijar los agregados y se evita que éstos sean arrastrados a las cunetas por el agua que fluye desde el pavimento.

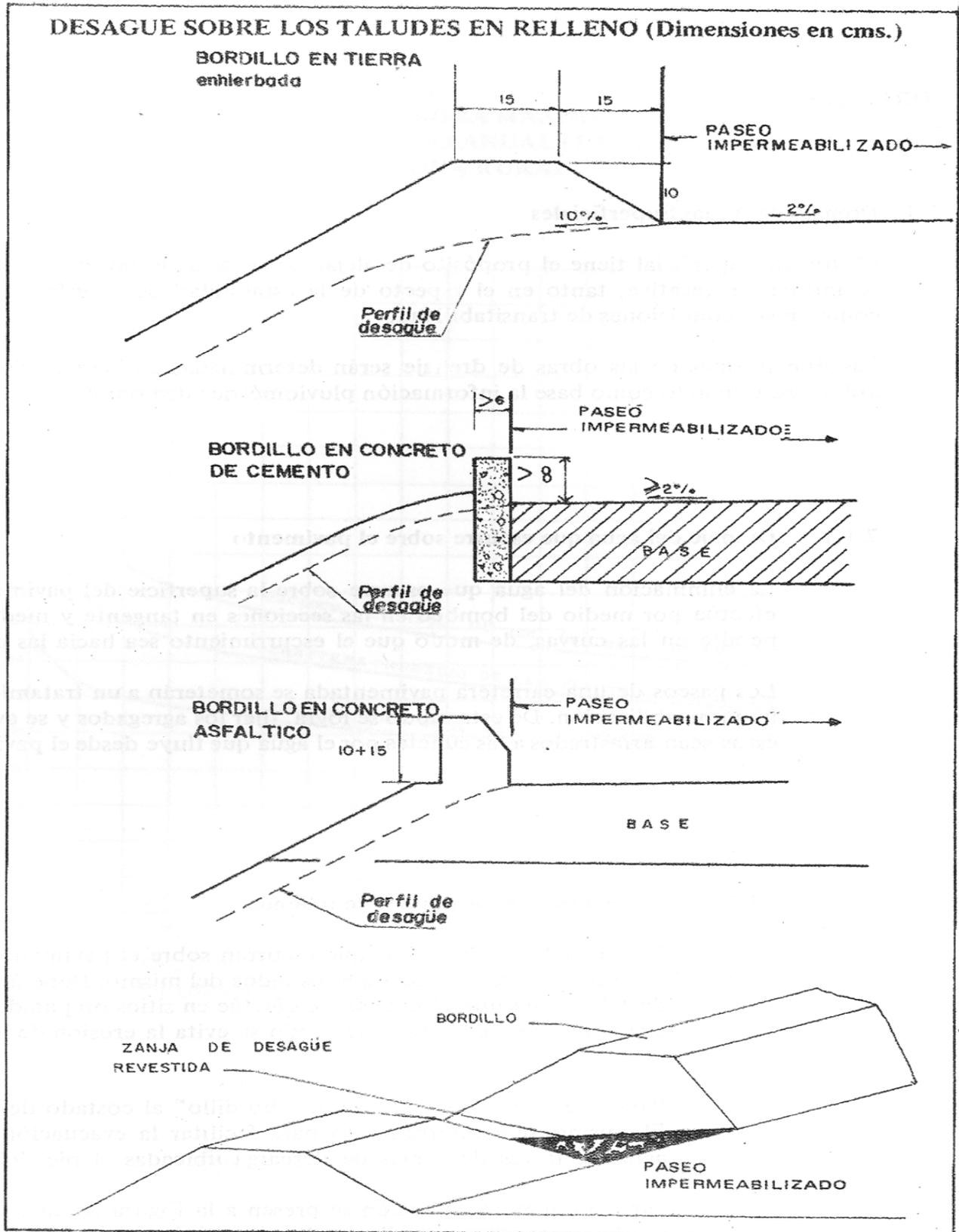
7.1.1.1 Desagüe sobre los Taludes de Rellenos

En los rellenos, las aguas que escurren sobre el pavimento deberán ser encauzadas hacia ambos lados del mismo. Deberá hacerse de tal forma que el desagüe se efectúe en sitios preparados especialmente para ello. De este modo se evita la erosión de los taludes.

Para ello deberá construirse un “bordillo” al costado del paseo. El mismo será interrumpido para facilitar la evacuación de las aguas a través de zanjas de descarga ubicadas al pie del talud.

Para una mayor aclaración se presenta al Figura 16, que muestra los diferentes “bordillos” y su disposición.

FIGURA 16



7.1.2 Cunetas

7.1.2.1 Sección y Dimensión de las Cunetas

Las cunetas tendrán en general, sección transversal triangular. Deberán ser diseñadas para todos los tramos de la carretera, tanto en laderas como en cortes. Sus dimensiones estarán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona.

Las dimensiones mínimas recomendadas están mostradas en la Tabla 13 en función del régimen pluviométrico.

TABLA 13
DIMENSIONES MÍNIMAS DE LAS CUNETAS

Zona	Profundidad (m)*	Ancho (m)**
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.50
Muy Lluviosa	0.50	1.00

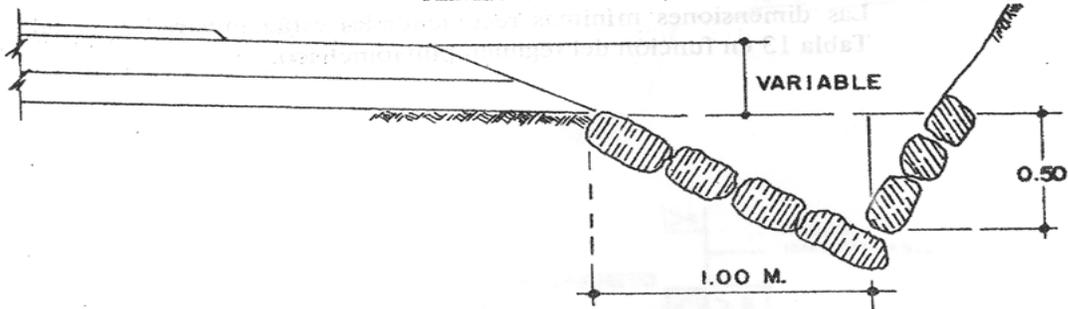
*La profundidad es medida verticalmente desde el nivel de la subrasante hasta el fondo o vértice inferior del triángulo (Ver Figura 17).

**El ancho de la cuneta es medido del extremo de la subrasante hasta la vertical que pasa el vértice inferior.

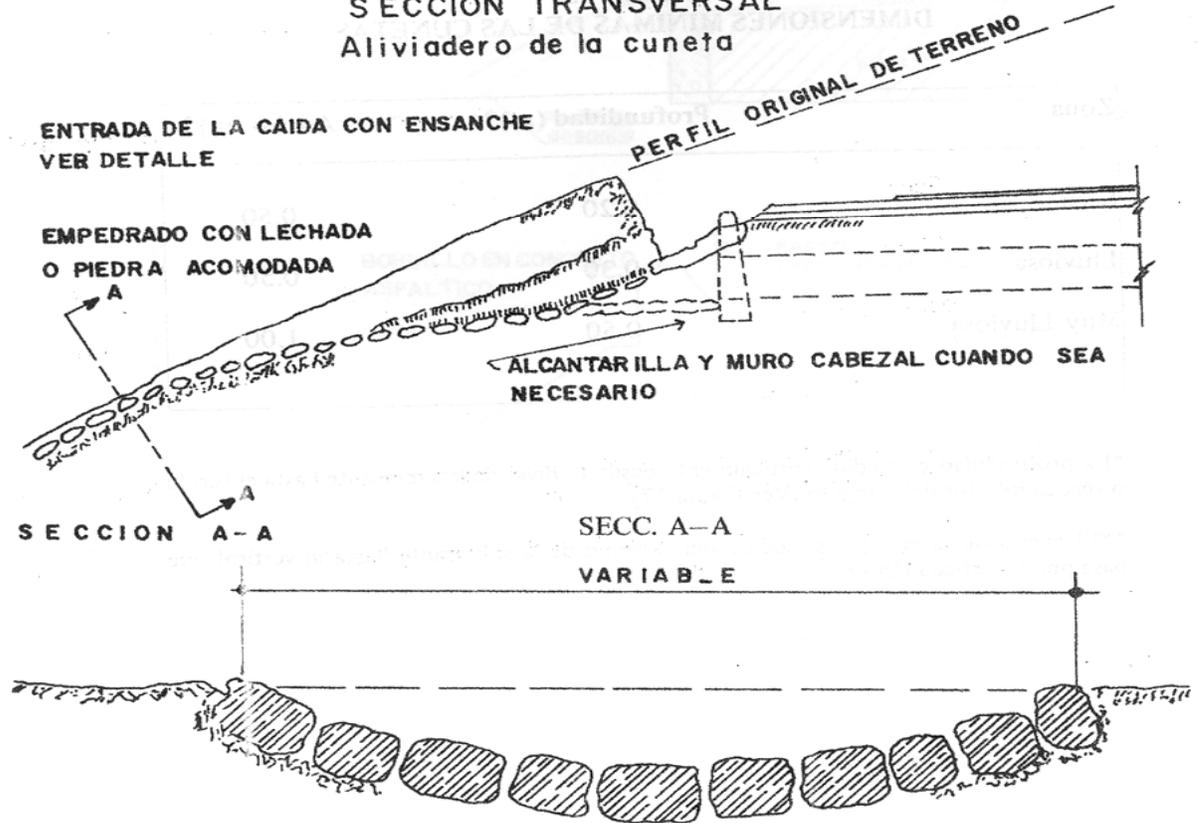
7.1.2.2 Revestimiento de las Cunetas

Cuando exista la posibilidad de que las corrientes erosionen el suelo de las cunetas, éstas deberán ser revestidas con piedras asentadas en mortero. Como ilustración se presenta la Figura 17.

FIGURA 17
SECCION TRANSVERSAL
 Aliviadero de la cuneta



SECCION TRANSVERSAL
 Aliviadero de la cuneta



7.1.2.3 Desagüe de las Cunetas

En general, la eliminación de las aguas de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas. La Figura 17 muestra el aliviadero de las cunetas a través de una alcantarilla.

La ubicación de las alcantarillas se hará teniendo en cuenta:

- a) Las condiciones topográficas.
- b) La capacidad hidráulica de la cuneta.
- c) El régimen pluviométrico de la zona.

En aquellos lugares que correspondan a los puntos bajos de una curva vertical cóncava, se recomienda una alcantarilla de desagüe para las cunetas.

7.1.3 Zanjas de Coronación y de Drenaje

Es bien conocido el efecto erosivo de las aguas que escurren en las laderas de un corte o al pie de los taludes de un relleno. Para evitar este efecto se proveerán zanjas de coronación y de drenaje cuya disposición se muestra en la Figura 18.

Las dimensiones de las zanjas de coronación se fijarán mediante cálculos hidráulicos, de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona.

Se recomienda secciones trapezoidales cuyas dimensiones mínimas se muestran en la Figura 17.

En lo concerniente al revestimiento de las zanjas de coronación, se seguirá lo indicado en el acápite 7.1.2.2.

Se recomienda revestir las zanjas de coronación en las zonas de filtración que puedan poner en peligro la estabilidad del talud.

La ubicación de los puntos de desagüe de las zanjas de coronación deberá fijarse teniendo en cuenta:

- a) La ubicación de las alcantarillas.
- b) La longitud máxima que puede tener la zanja.
- c) Las dimensiones de la zanja.
- d) La precipitación de la zona.

Para una mayor ilustración se han confeccionado las Figuras 19, 20 y 21, las cuales muestran el aliviadero y el canal de bajada en las zanjas de coronación.

FIGURA 18

ZANJAS DE CORONACION Y DE DRENAJE
(Dimensiones en metros)

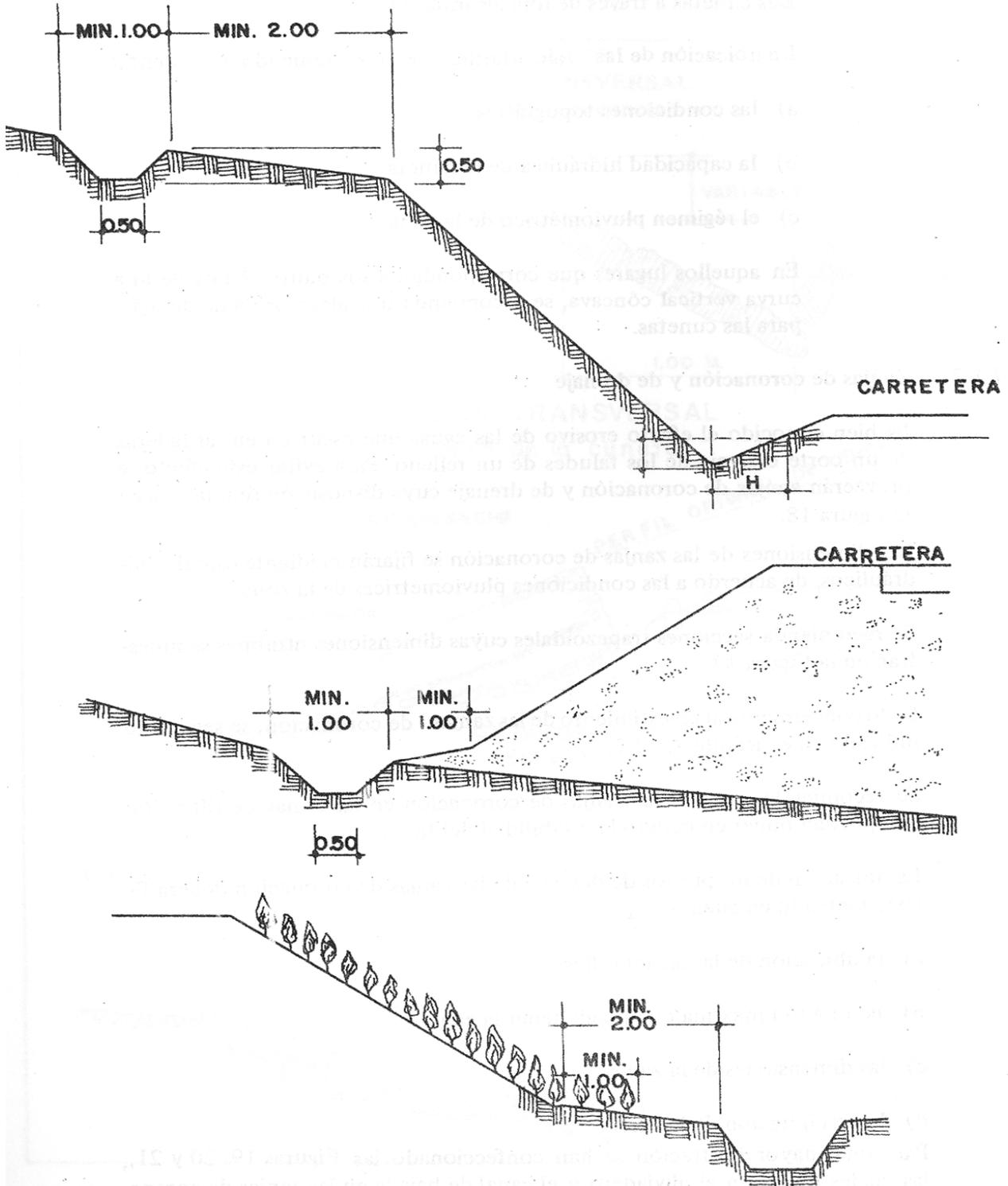
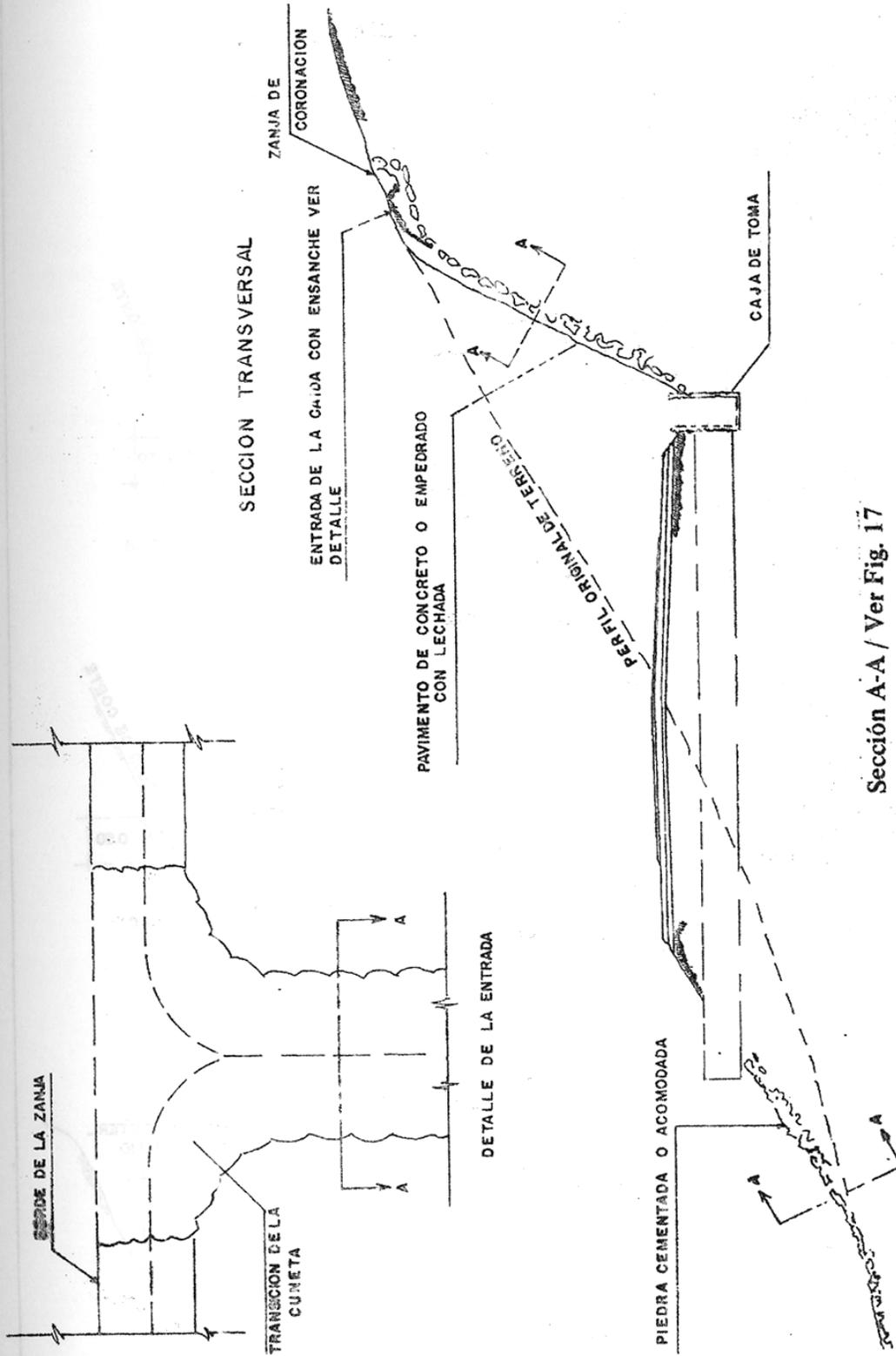
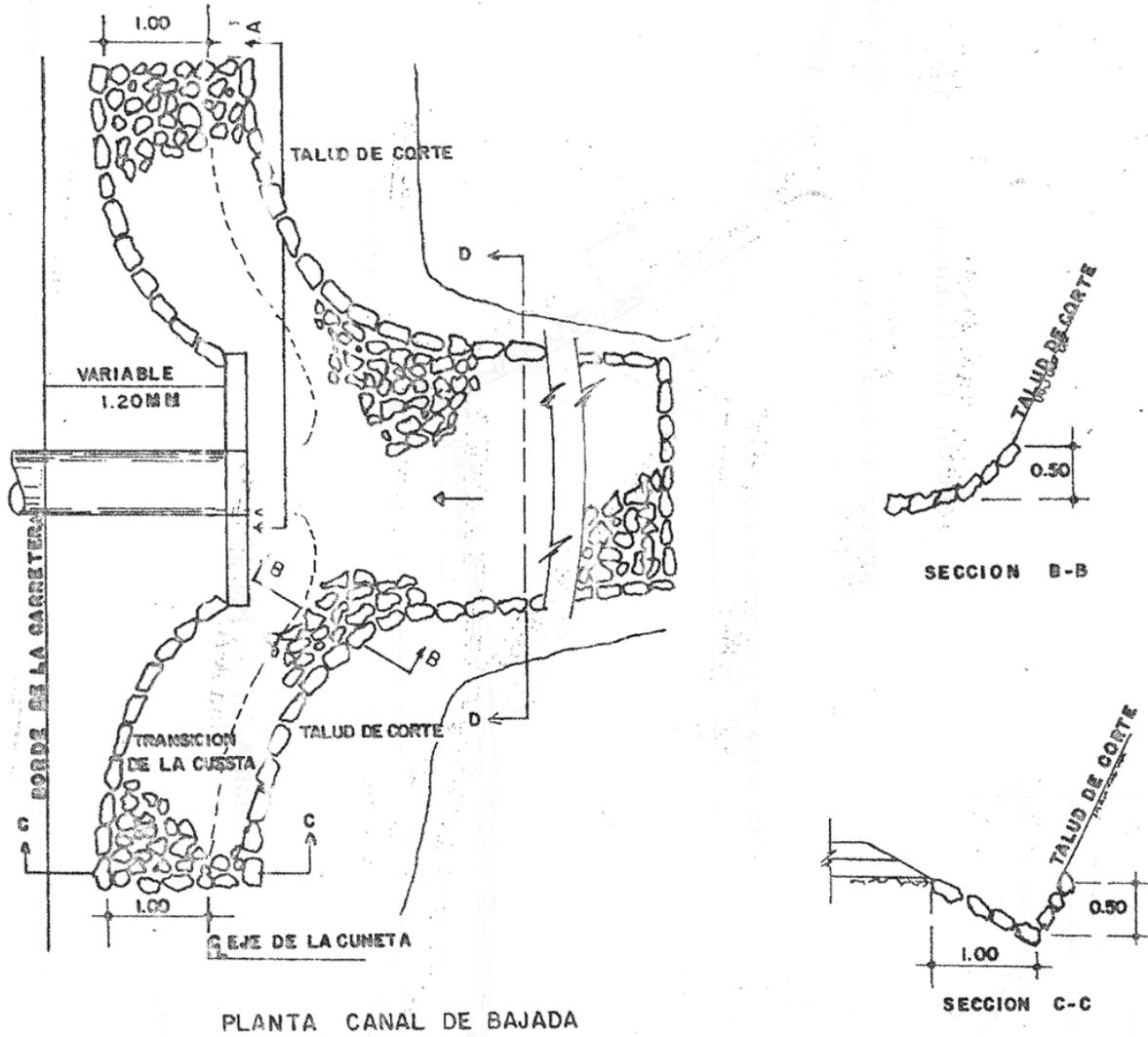


FIGURA 19
ALIVIADERO DE LA ZANJA DE CORONACION

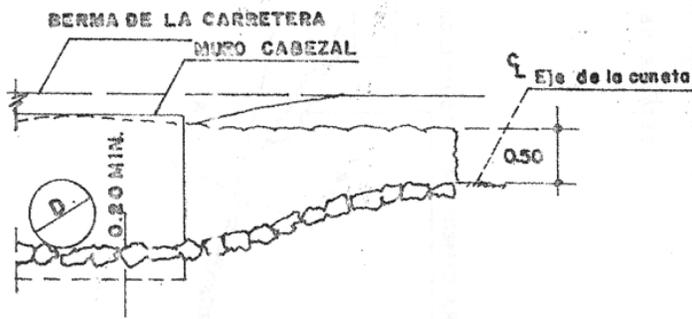


Sección A-A / Ver Fig. 17

FIGURA 20
CANAL DE BAJADA



PLANTA CANAL DE BAJADA

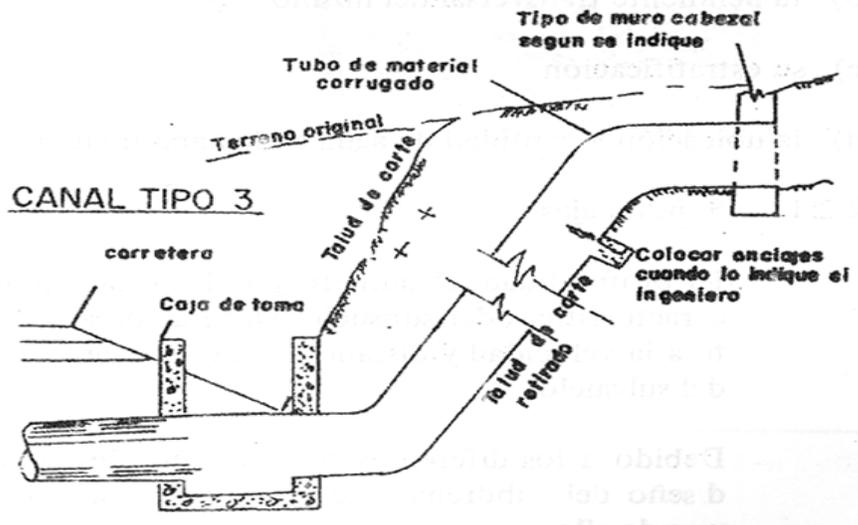
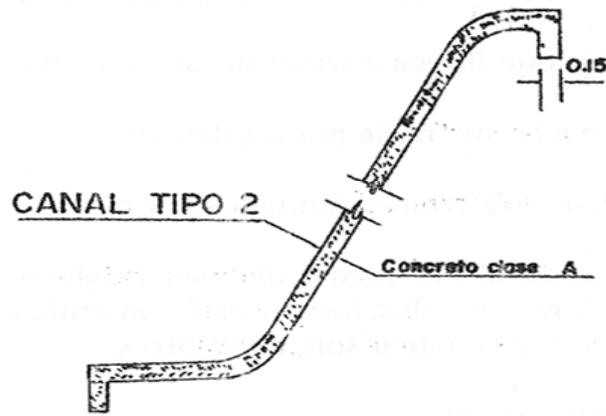
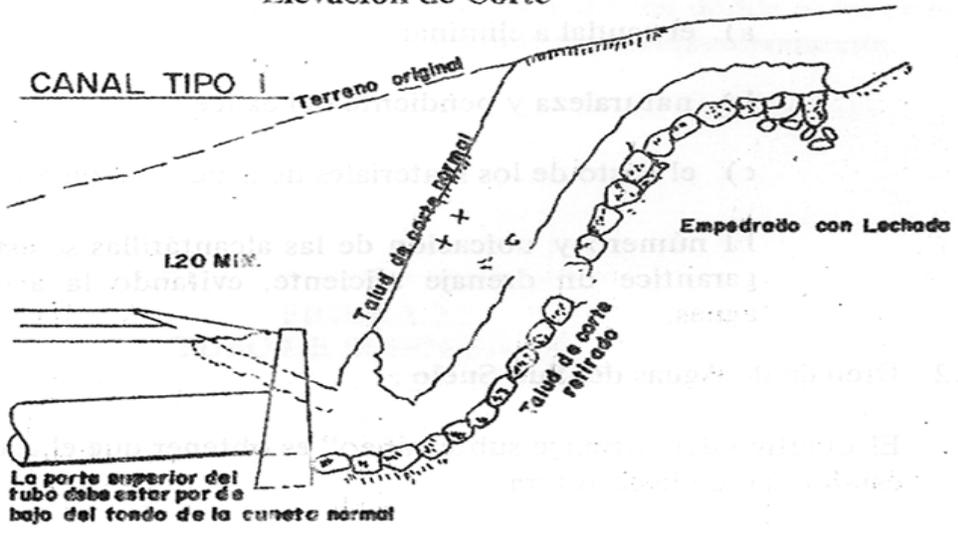


SECCION A-A PARALELA AL EJE DE LA CUNETA



SECCION D-D

FIGURA 21
CANAL DE BAJADA
Elevación de Corte



7.1.4 Alcantarillas

El tipo de alcantarilla deberá ser elegido en cada caso teniendo en cuenta:

- a) El caudal a eliminar.
- b) Naturaleza y pendiente del cauce.
- c) El costo de los materiales de acuerdo a disponibilidad en la zona.

El número y ubicación de las alcantarillas se establecerá de forma tal que garantice un drenaje eficiente, evitando la acumulación excesiva de las aguas.

7.2 Drenaje de Aguas del Sub-Suelo

El objetivo del “drenaje subterráneo” es obtener que el agua subterránea no afecte la estabilidad de la carretera.

Generalmente el agua subterránea se puede presentar en:

- a) Cauces definidos que fluyen a través de capas de material poroso.
- b) Agua que aflora a la superficie por capilaridad
- c) Depósitos de agua subterránea limitados por material impermeable.

Deberá ser investigado el efecto que puedan producir las aguas del subsuelo en la estabilidad de los terrenos sobre los que esté construida la carretera. Para este fin los principales elementos a examinar son, entre otros:

- a) La naturaleza del terreno
- b) La pendiente transversal del mismo
- c) Su estratificación
- d) La ubicación y cantidad de agua en la napa freática

7.2.1 Subdrenajes

La profundidad, el número y la localización de los subdrenes dependerán de características del subsuelo. Deberá tomarse especial cuidado en lo referente a la velocidad y distancia a la que el agua subterránea se desplace a través del subsuelo.

Debido a los diferentes casos y múltiples condiciones que se presentan, el diseño del subdrenaje deberá ser realizado de forma particular para cada uno de ellos.

No deberá escatimarse esfuerzos en la obtención de la mayor información posible que permita conocer con exactitud las características de la napa de agua freática que se desea interceptar.

Como ilustración, se presentan las Figuras 22 y 23, en donde se muestra el caso típico de un subdrén y dos casos de subdrenaje, respectivamente.

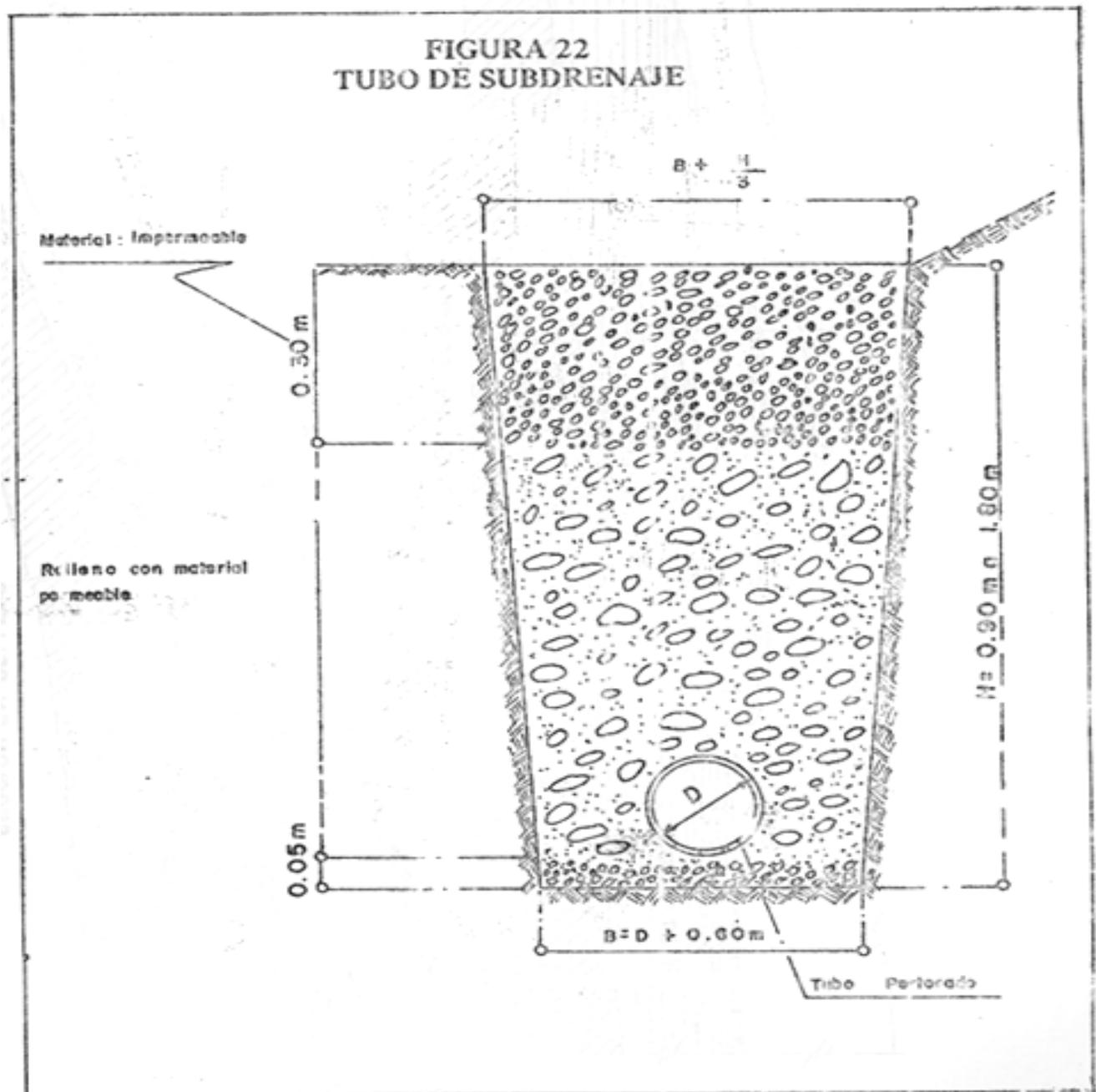


FIGURA 23
SUB-DRENES

